

KONINKLIJKE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN
TE AMSTERDAM

PROCEEDINGS

VOLUME XXXVIII

No. 7

President: J. VAN DER HOEVE

Secretary: B. BROUWER

CONTENTS

- C. U. ARIËNS KAPPERS: "Stability and variability of Central- and Paleo-Asiatic index peaks and some remarks on the Greenland Eskimo", p. 686. (With two tables).
- G. VAN ITERSON Jr. and J. COUMOU: "A few remarks on the iodine-amylum reaction", p. 700.
- J. A. SCHOUTEN und J. HAANTJES: "Über allgemeine konforme Geometrie in projektiver Behandlung", p. 706.
- A. A. NIJLAND: "Mittlere Lichtkurven von langperiodischen Veränderlichen. XXIV. R Lacertae", p. 709. (With one plate).
- H. R. KRUYT and H. G. BUNGENBERG DE JONG: "Extension of the theory of complex coacervation to ionic disperse systems", p. 714.
- ANNIE M. HARTSEMA en A. H. BLAAUW: "Verschuiving der Periodiciteit door hoge temperaturen. Aanpassing en export voor het Zuidelijk halfrond". II. (With summary), p. 722.
- J. H. GISOLF: "A demonstration experiment concerning the use of a Lummer plate". (Communicated by Prof. P. ZEEMAN), p. 735. (With one plate).
- A. ELLIOTT: "A Note on the β Bands of Boron Monoxide". (Communicated by Prof. L. S. ORNSTEIN), p. 736.
- V. HLAVATÝ: "Zur Konformgeometrie. II. Anwendungen, insbesondere auf das Problem der Affinnormale". (Communicated by Prof. J. A. SCHOUTEN), p. 738.
- C. S. MEIJER: "Integraldarstellungen für LOMMELSche und STRUVESche Funktionen". (Zweite Mitteilung). (Communicated by Prof. J. G. VAN DER CORPUT), p. 744.
- J. W. A. VAN KOL: "Richtigstellung einiger Anzahlen von biquadratischen Raumkurven erster Art". (Communicated by Prof. H. K. DE VRIES), p. 750.
- F. W. WENT: "Coleoptile Growth as Affected by Auxin, Aging and Food", p. 752.
- EUGEN FREY: "Experimentelle Untersuchungen über die basale optische Wurzel beim Meerschweinchen". (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS), p. 767.
- EUGEN FREY: "Die basale optische Wurzel des Meerschweinchens". (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS), p. 775.
- TOSHIYUKI KUROTSU: "Ueber den Nucleus magnocellularis periventricularis bei Reptilien und Vögeln". (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS), p. 784.
- H. G. BUNGENBERG DE JONG and J. BONNER: "Phosphatide Auto-complex coacervates as Ionic Systems and their Relation to the Protoplasmic Membrane". (Communicated by Prof. H. R. KRUYT), p. 797.

Anatomy — Stability and variability of Central- and Paleo-Asiatic index peaks and some remarks on the Greenland Eskimo. By C. U. ARIËNS KAPPERS.

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

In a preceding paper¹⁾ I called the attention to the fact that in Central Asia and west of the Central-Asiatic mountain barrier the occurrence of the associated 83—86 cephalic (82—85 cranial) index peaks is very frequent and may be traced via Asia, Minor, Bosnia, Tirol, Switzerland, the ancient Alsace, and Auvergne to the English Round Barrow skulls²⁾. Considering the data published in the studies of HERVÉ³⁾ and SCHEIDT⁴⁾ it seems that this race already occurred in Europe shortly after the upper paleolithic period⁵⁾ in Azilian times, and was quite numerous in early neolithic times, when the post-glacial climate was followed by milder temperatures and new peoples may have migrated from Eastern countries to Western Europe.

In the same paper I mentioned that of the usually associated 83—86 index peaks either the 86 or, more frequently, the 83 peak may become so dominant that it is practically the only one. So with the Mesopotamian Yesidis, measured by the KRISCHNERS (l.c. infra), the 83 peak is practically the only outstanding one; with the Mongol Torgout skulls, measured by IWANOWSKY, the 85 cranial (86 cephalic) peak⁶⁾.

Furthermore it was pointed out that sometimes in groups of the 83—86 index people an additional ultra-brachycephalic index peak occurs at

1) The Central-Asiatic Barrier and the distribution of associated index peaks in Asia and Europe. *Proceed. of the Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam*, Vol. 37, 1934, p. 602.

2) I may add to this that a curve of the cephalic indices measured by Dr. Argelliès of Basques from St. Jean de Luz, published by BROCA (*Bull. Soc. d'Anthr. de Paris* T. III, Série II, 1868, p. 13), shows the same peaks (contrary to MORANT's Spanish Bask skulls), and also the old Dutch Zeeland skulls measured by BOLK.

3) HERVÉ. *Les Brachycéphales néolithiques*. *Revue d'Anthropologie*, Tome 4, 1894, p. 393 and Tome 5, 1895, p. 18.

4) SCHEIDT. *Die eiszzeitlichen Schädelbefunde aus der grossen Ofnet-Höhle und vom Kaufertsberg bei Nördlingen*. Lehmann, München, 1923.

5) Of the upper paleolithic skulls only skull II of Solutré has an index of 85, corresponding with a cephalic index of 86. See MORANT: *Studies of paleolithic man* N^o. IV, A biometrical study of the upper paleolithic skulls of Europe. *Annals of Eugenics*, Vol. IV, 1930, and Table II, fig. 23.

6) With the Uzbeks, Lesghians and Turks the cephalic 86—7 index is by far prevailing over the 83 indices. See KAPPERS and PARR, *An introduction to the Anthropology of the Near East in ancient and recent times*. Noord Hollandsche uitgeversmaatschappij, Amsterdam, 1934, fig. 17.

89—90, that has to be considered as a mutation caused by special, probably environmental or endocrine circumstances. This ultra-brachycephalic peak more often occurs in such people in which the 86 peak prevails over the 83 peak.

In the above-mentioned paper I also pointed out that east of the Asiatic barrier the (78)79—81(82) peaks are very frequent and the 83—86 combination rarer. The Paleo-Asiatic (78)79—81(82) combination, however, is spread over the whole of Asia, including Western Asia and Europe.

The index combination of these peaks may also specialize in either of its components. So whereas the Dutch males measured by FRETs¹⁾ have a 79 and 81 peak, his Dutch females only show a 81 peak. On the other hand an isolated 79 peak is found with the Norvegians, Vlachian Bulgarians, and some other so-called Nordic races.

Naturally there are also groups or peoples containing both the Central- and the Paleo-Asiatic components. So index curves in which both the Paleo-Asiatic and the Central-Asiatic peaks occur are seen in the curves of the Chukchee, the Rjasan Russians of TSCHEPOURKOWSKY, and in some other curves published in my preceding paper.

An equally balanced occurrence of both sets of peaks is shown by the Jeminite Arabs²⁾ (Table I, N^o. 1). Comparison with curve N^o. 2 shows that the Central-Asiatic peaks do not occur with my Palestinian Arabs, who only have the 79 and 81 peaks. Indeed, a more or less equally balanced occurrence of both sets of index peaks is so rare, in Asia as well as in Europe³⁾, that one would not be inclined to believe that in the same race a transmutation of the Paleo-Asiatic index curve into the Central-Asiatic one or vice versa might occur.

Yet, it is a priori probable that these two large Eurasian stocks are related at their roots and that both the meso-subbrachycephalic (79—81) and the brachy-hyperbrachycephalic (83—86) Eurasian types at some time of evolution have arisen from a common stock. Furthermore it is most likely that the 83—86 index type is the later in development, the oldest races of humanity being meso- or dolichocephalic. Besides, OSBORN and GREGORY have shown that even in the animal series brachycephaly is a later evolutionary feature (personal communication by Prof. GREGORY).

I may add to this that the index curves of other continents (and islands) give me the conviction that an immigration of the 83—86 peak people from outside Eurasia is absolutely excluded. The African, Indonesian, and Polynesian curves in which the 83—86

1) FRETs. *Heredity an the Headform in Man*. Genetica, Vol. III, 1921, p. 193. — and The same: *Heredity and the cephalic index*, Diss. Amsterdam, 1924.

2) This curve contains the same indices as fig. 23 of PARR's and my book, to which are added those recorded by CIPRIANI. Arch. per l'Antrop. e per l'Etnologia, Vol. 60—61, 1930.

3) In Europe I found it indicated only with the Zürich girls, measured by GRÜTZNER (see my paper in these Proceed., Vol. 37, 1934, Table III, N^o. 9).

peaks occur have to be explained by Asiatic influences (for the American Indians see below).

Also the occasional occurrence of an ultra-brachycephalic 88—89 cranial or 90 cephalic peak with the 83—86 groups shows the variability of the index under certain circumstances. This makes it possible that the 83—86 peak-index people may arise from a 79—81 people.

Nevertheless, examples showing a partial mutation of the 79—81 peak group into an 83—86 peak group cannot be demonstrated with certainty in Asia.

It is remarkable, however, that a partial reversion of the 83—86 index curve to a 79—81 index curve may be demonstrated with such a high degree of certainty that this alone is sufficient to show the genetic relationship between the Paleo-Asiatic and Central-Asiatic index people or, at least, index curves.

This is the more surprising as such a reversion seems to be against DOLLO's law. However, I may quote here GREGORY's¹⁾ paper read at the London Congress of Anthropologists and Ethnologists, to show that I am not the only one in contesting such a strict interpretation of this law, not even meant by DOLLO himself.

That a partial reversion of the Central-Asiatic index curve to a Paleo-Asiatic may occur appears to from the data published by F. BOAS²⁾, GUTHE³⁾ and HIRSCH⁴⁾ who showed that the average cephalic index of the American born children of foreign born Jews and Armenians is lower than the average index of their parents. That this lowering depends on a change of the parental Central Asiatic curve in a prevailing Paleo-Asiatic one with the children appears from the following facts:

Starting with BOAS' work on European (Russian) born Jews and their American born children, I give the frequency curves of these groups in Table I, No. 3, each curve being on 1000 indices. From this figure it appears that the peak of BOAS' Russian born Jews is at 83, a typical Central Asiatic index peak. With their American born sons, however, the peak is at 81, a typical peak of the Paleo-Asiatic (78)79—81(82) group.

Comparing both curves we find that the change in shape of that of the sons is chiefly due to a decrease of the number of 84 and higher indices and an increase of the 82 and lower indices. It is remarkable that the percentage of 83 index people has remained about the same. I shall return

¹⁾ GREGORY. Man's place among Primates. *Compte-rendu du Congrès international des Sciences Anthropologiques*, Londres, 1934, p. 70.

²⁾ F. BOAS. Abstract of the report on changes in bodily form of descendants of immigrants. Government printing offices Washington, 1911. *The same*, Kultur und Rasse. Leipzig, 1914.

³⁾ GUTHE. Notes on the cephalic index of Russian Jews in Boston. *Am. Journ. of Physical Anthropology*, Vol. I, 1918.

⁴⁾ HIRSCH. Researches on the cephalic index of American born children of three foreign groups. *Am. Journ. of Phys. Anthropology*, Vol. 10, 1927.

later to the greater stability of the 83 index compared with the 86 and higher indices.

Still more convincing for my thesis is the result obtained by GUTHE with the Russian born Jews and their American born descendants of Boston, whose index curves are reproduced in Table I, figs 4, 5, 7 and 8.

Fig. 4 is a reproduction of GUTHE's cephalic index curve of Russian born male Jews living in Boston. The Central Asiatic character of this curve is still more evident than with BOAS' foreign born Jews, as both the 83 and 86 index occur in it. Yet, also with GUTHE's foreign born male Jews the number of 83 indices is by far the most outstanding.

Fig. 5 gives the index curve of the American born sons of the fathers registered in fig. 4. — In fig. 5 the two Paleo-Asiatic peaks 79 and 81 appear ¹⁾. Here we see again the greater stability of the 83 index compared with the 84 and higher indices, especially the 86 index.

Whereas the 83 index people among GUTHE's American born Jews, show a reduction of 1,8 % only and in BOAS' curve the reduction of 83 indices is still smaller (0,2 %), in both cases, the reduction of the 84 and higher indices is very great, especially of the 86 index which in BOAS' curve shows a reduction of 62,5 %, in GUTHE's curve of 72 % even. In GUTHE's curve of foreign born Jews the 86 index shows a distinct peak, in his American born Jewish curve a valley.

Similarly as with BOAS' American born sons, the number of 81 indices shows a striking increase with GUTHE's American born Jews and so does the 79 index, that shows a valley in GUTHE's foreign born curve but a peak with his American born Jews ²⁾.

Consequently from BOAS as well as from GUTHE's data it appears that the lowering of the average cephalic index in the American born sons is due to a decrease of the Central-Asiatic indices while the Paleo-Asiatic indices increase with the American and West-European born Jews. This teaches us two things: 1. that the Central-Asiatic indices may partially revert to Paleo-Asiatic ones. 2. that of the Central-Asiatic peaks the 83 peak is the most stabile, more stabile than the 86 peak.

This again agrees with what we saw about the ultra-brachycephalic (90) Central-Asiatic peak, which may and may not occur in groups of the same people, thus showing its lability and its influencibility by environmental-endocrine circumstances. The greater stability of the 83 peak, however, confirms the dominant character of brachycephaly (cf. also FRETS), while hyper- and ultra-brachycephaly apparently are far less dominant in heredity, the latter even strongly recessive.

¹⁾ HIRSCH's American born male Jews show an intermediate peak, at 80.

²⁾ Table I, N^o. 6, shows that analogous peaks occur among the Askenasim Jews of Frankfurt a/M and Cologne, measured by WEISSENBERG (79), and among the Askenasim Jews my collaborators and I measured at Amsterdam (81). Cf. WEISSENBERG: *Zur Anthropologie der Deutschen Juden* (Zeitschr. f. Ethnologie, Bnd. 44, 1912), and fig. 31 of our Introduction to the Anthropology of the Near East in ancient and recent times, Amsterdam 1934.

This also explains the fact resulting from Dr. and Mrs. KRISCHNER's¹⁾ work on Mesopotamia, viz. that the 86 index (together with the 83 index so typical for the Armeno-Chaldean-Assyrian population of Mesopotamia) disappears almost entirely with the Yesidis and Moslim Arabs of that country, while the 83 peak remains.

Having demonstrated the data concerning Jewish males by BOAS' and GUTHE's work, I shall discuss the data concerning the females given by GUTHE and HIRSCH. Table I, fig. 7 shows that with GUTHE's²⁾ foreign born Jewish mothers the Central-Asiatic 85—6 and 88 peaks are the highest.

The indices of the American born Jewesses (arranged in Table I, fig. 8) show that HIRSCH' American born Jewesses only have a Paleo-Asiatic 82 peak (the female correlate of the male Paleo-Asiatic 81 peak) occurring also in GUTHE's female American born Jewesses, who in addition have kept smaller Central-Asiatic peaks at 85—6 and 88. Consequently also with the Jewesses the decrease of the index takes place at the expense of the Central-Asiatic indices, especially at the expense of the higher index. Whereas the 85 peak in the foreign born is 14,5 % of the whole group and in the American born 12,5 %, this relation in the 88 peak is 14,5 to 8,5 %. The increase of the Paleo-Asiatic 82 index in the American born Jewesses is, however, from 10 % in the foreign born to 18,5 % in GUTHE's American born and in HIRSCH's material it was perhaps still higher²⁾.

The same phenomenon as with the Jewish immigrants may be concluded from the BOAS' ³⁾ data concerning the Armenian immigrants. Since the amount of Armenian material examined by BOAS is only small, I made one curve of both sexes of his foreign born Armenians and one of both sexes of their American born children, expressing each set in percentages.

The dotted curve of fig. 9 gives the indices of 34 foreign born Armenian fathers and mothers, the continuous curve the indices of their 24 adult children, male and female, expressed in percentages.

Comparing the curves in fig. 9, we find that also with his American born Armenians there is a decrease of hyper-brachycephalic indices. The interesting ultra-brachycephalic 90 index, so conspicuous with his foreign born Armenians, even fails entirely among the American born.

On the other hand, the increase of the Paleo-Asiatic 82 and especially that of the Paleo-Asiatic 79 index is very evident with the adult American born Armenians.

I cannot leave this subject without analysing by this method also the American and foreign born Neapolitans.

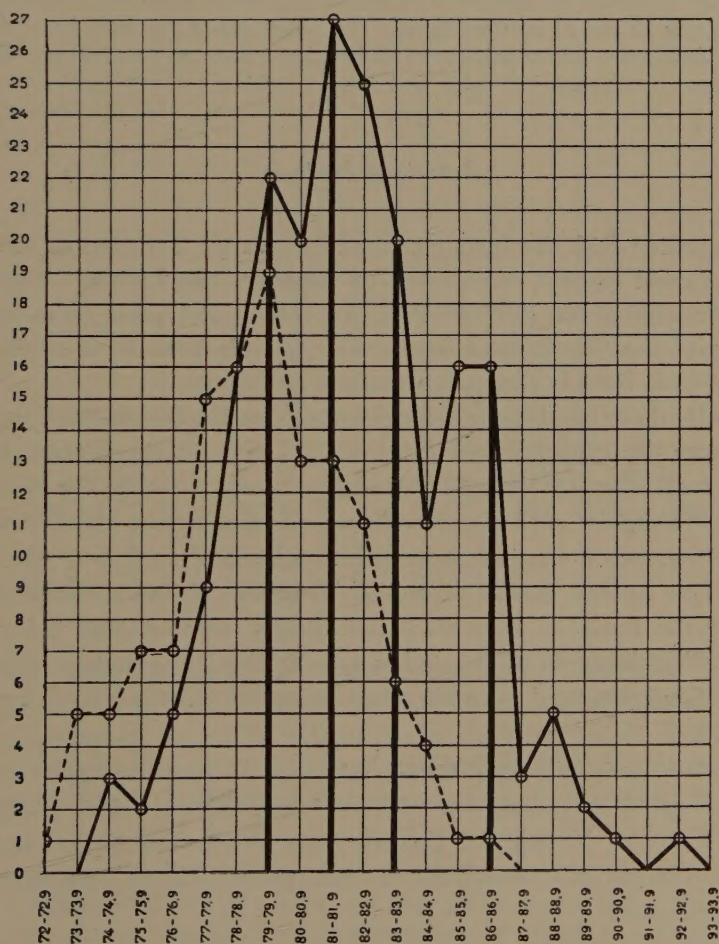
¹⁾ Dr. H. and Mrs. M. KRISCHNER. *The Anthropology of Mesopotamia and Persia. A. Armenians, Chaldeans, Suriani (or Aissori), and Christian Arabs from Irak. B. Yesidis and (Moslim) Arabs from Irak with some remarks on Kurds and Jews.* Proceed. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, Vol. 35, 1932, p. 205.

²⁾ Unfortunately HIRSCH does not give the individual data of the foreign born Jewish mothers, only those of the American born daughters.

³⁾ F. BOAS. *Bemerkungen zur Anthropometrie der Armenier.* Zeitschr. f. Ethnologie. Jhrg. 1924, p. 74 (l.c. p. 78 and 79).

Unfortunately BOAS' individual data of his Neapolitans and Sicilians were not accessible to me, so that I can only say something concerning the results obtained by HIRSCH with American born Neapolitans.

In Table I fig. 10 his female American born Neapolitans are indicated by a coambed, his male American born Neapolitans by the thin continuous curve. The thick continuous curve gives the indices of LIVI's males born in the Campania (province of Napels), recorded by F. and H. BOAS¹⁾. Among the latter, in addition to the Paleo-Asiatic 79 and 82 peaks²⁾,



¹⁾ F. and H. BOAS. The head form of the Italians as influenced by heredity and environment. *Am. Anthropol.*, Vol. 15, 1913. Contrary to the Neapolitans the Sicilians, according to BOAS, show a slight increase of the index, when born in America.

²⁾ It is not strange that the present so-called Mediterranean people has a prevailing Asiatic index since already before the 10th century B.C. Eurasian "Nordics" started to flood the Northern shores of the Mediterranean, the population of which gradually became more influenced by the North than by Africa and the Mediterranean islands, as is especially conspicuous in the anthropological history of Greece.

there are a good many 84 and higher indices. There also is an 86 peak and even a small ultra-brachycephalic (89—89,9) peak in the Italian born curve.

In the American born Neapolitans the Paleo-Asiatic 78(79)—82 indices, however, are far more numerous than in LIVI's curve.

Before leaving the comparison of parental indices with those of their offspring I refer to the adjoining textfigure, made after the data recorded by FRETS (l.c. supra 1921, Table XII and XIII). The continuous line in this figure gives the indices of Dutch males, whose fathers and mothers had indices varying between 80 and 89. We see that — although with their sons the number of 83 and 86 (5) indices is still very considerable — the index peaks 79 and 81 are the highest. The dotted line in the same curve shows the indices of Dutch males, whose fathers and mothers had indices varying between 80 and 66. In this group the stability of 79 index peak is very striking.

American Indians.

In connection with the facts mentioned above the question arises: What about the most ancient immigrants of America, the Indians? That apart from other admixtures, in South America chiefly, the great majority of the ancestors of the North- and South American Indians have reached this continent from Asia is generally accepted nowadays.

Naturally these immigrants largely come from the North-Eastern part of Asia, where the Paleo-Asiatic races prevail even at the present time, as appears from the 78(79)—81(82) index peaks among the Chukchee, Koryaks, Yakughirs, and Kamschadales and even among the Chinese and Japanese (see my preceding paper in these Proceedings).

Only few groups, partly living in Western partly in Eastern Asia, especially the Buriates, have an outstanding Central-Asiatic index curve, while small admixtures of this index type to the Paleo-Asiatic type occur with the Chukchee and with the Kamschadales recorded by JOCHELSON-BRODSKY.

The relationship of the present American Indians, not only with the Eastern Asiatics in general but with definite Eastern-Asiatic groups—such as the Chukchee, Yakughirs, Koryaks, and Ainos, has been emphasized already by WISSLER¹⁾ and BOAS²⁾, and others, also on ethnological and linguistic grounds.

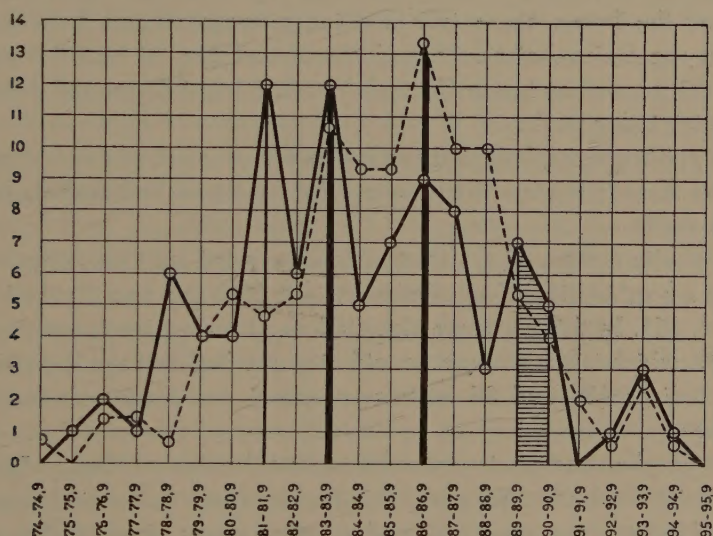
In this paper I shall only discuss a few curves of American Indians, based on the data published by BOAS (l.c. infra), HRDLICKA (l.c. infra), and other

¹⁾ CL. WISSLER. *The American Indian*, sec. ed. Oxford University Press 1922.

²⁾ F. BOAS. *Relations between N.W. America and N.E. Asia in: The American Aborigines, their origin and antiquity*, a collection of papers by ten authors assembled and published by DIAMAND JENNESS for the 5th Pacific Science Congress, Toronto Press 1933, p. 357. See also N. C. NELSON, *The antiquity of man in America in the light of Archeology*. Ibidem, p. 87.

authors, that confirm this point of view and show that in addition to Paleo-Asiatic also Central-Asiatic groups have migrated to America.

It seems that the brachy-hyperbrachycephalic (83—86 index) groups have migrated chiefly via the Aleutian Islands, and the meso-subbrachycephalic (79—81 index) groups via the Behring Islands, especially via St. Lawrence. This, of course, does not involve that also more southern ways of migration may have been followed by either of them, as appears from the curves of the Polynesians measured by NEUHAUSS ¹⁾, TEN KATE ²⁾, REINECKE ³⁾ (continuous) and SHAPIRO (dotted line), and from SULLIVAN's work ⁴⁾.



To begin with the Central-Asiatic type among the American Indians, I registered in the continuous curve of fig. 11 the cephalic indices of the San Blas Indians measured by HARRIS ⁵⁾. In this curve the 83 and 86 index peaks are striking. In the same figure 71 Aleutian skulls are arranged (15 measured by DALL, and recorded by BESSELS ⁶⁾, 53 by HRDLICKA ⁷⁾ and

¹⁾ R. NEUHAUSS. Anthropologische Untersuchungen in Oceanien, namentlich in Hawaii. Zeitschr. f. Ethnol., Bnd. 17, 1885, Verh. der Berl. Ges. f. Anthr. etc., p. 27.

²⁾ H. TEN KATE. Contribution à l'anthropologie de quelques peuples d'Océanie. l'Anthropologie, Tome 4, 1893, p. 279.

³⁾ F. REINECKE. Anthropologische Aufnahmen und Untersuchungen auf Samoa. Zeitschr. f. Ethnologie, Bnd. 48, 1896, p. 101.

⁴⁾ SHAPIRO. The physical characters of the Society islanders. Mem. of the B. P. Bishop Museum, Vol. XI, 1930. SULLIVAN, Ibidem, Vol. IX, 1923.

⁵⁾ R. G. V. HARRIS. The San Blas Indians. Journ. of Phys. Anthropol. Vol. 9, 1926.

⁶⁾ See BESSELS: Einige Worte über die Inuit (Eskimo) des Smithsundes nebst Bemerkungen über Inuitschädel. Arch. f. Anthropol. Bnd. 8, 1875, p. 107.

⁷⁾ HRDLICKA. The Eskimo, Alaska and related Indians, North Eastern Asiatics. Catalogue of human crania in the U. S. National Museum Collection, Vol. 63, 1924.

3 by MONTANDON¹⁾). The correspondence of the 82 and 85 cranial index peaks with the cephalic 83 and 86 peaks of the San Blas Indians is equally striking as the correspondence of the BUNAKS' Armenian skull indices with my Armenian cephalic indices in fig. 12, the difference between the skull and living-head indices being in both cases one point.

In Table II N^o. 13 the cranial indices of the Salish, Sahaptin and Caddoan skulls registered by HRDLICKA²⁾ are arranged together with the Buriate skulls recorded by HRDLICKA³⁾, FRIDOLIN⁴⁾ and REICHER⁵⁾, and some Korean skulls measured by BOGDANOW, TARENETZKY, KOGANEI and WALDEYER.

Although the number of the former is considerably smaller than the number of the latter, there is a striking correspondence between these groups in the Paleo-Asiatic 78 and 80 cranial (= 79 and 81 cephalic) index peaks, as well as in the Central-Asiatic 82 and 84 cranial (= 83 and 85 cephalic) index peaks.

The hyper-brachycephalic indices, however, are relatively more numerous among the Asiatic Buriate than among the American Salish, Sahaptin and Caddoan skulls.

The cephalic indices of the Comanches recorded by GOLDSTEIN⁶⁾ (fig. 14) show a combination of one Paleo-Asiatic (81) and two Central-Asiatic peaks (83, 86). In this curve we also find an ultra-brachycephalic mutation peak at 89, which is not strange, considering the fact that the hyper-brachycephalic indices (85 and 86 indices together) are twice as numerous as the 83 peak.

The same phenomenon is observed in BOAS' curve of Osago Indians⁷⁾ (fig. 15). The cephalic 86 peak being more than twice as large as the cephalic 83 peak, the occurrence of a great many ultra-brachycephalics cannot astonish us⁸⁾.

¹⁾ MONTANDON. Craniologie Paléo-Sibérienne. l'Anthropologie, Tome 36, 1926, p. 209 and 447. One of M's skulls (not inserted in my curve) had an index of 71.87. MONTANDON himself does not consider this an Aleutian skull. In the interesting paper by W. JOCHELSON, Archeological investigations in the Aleutian Islands, N^o. 367 of the Publications of the Carnegie Institution, Washington 1925, no individual indices are mentioned.

²⁾ HRDLICKA. Catalogue of human crania in the U. S. National Museum Collections, Vol. 69, 1927. The Algonkin and related Iroquois, Siouan, Caddoan, Salish and Sahaptin, Shoshonean and Californian Indians.

³⁾ HRDLICKA. The Eskimo, Alaska and related Indians, North Eastern Asiatics. Catalogue of human crania in the U.S. National Museum Collection, Vol. 63, 1924.

⁴⁾ FRIDOLIN. Burjäten und Kalmücken Schädel. Arch. f. Anthropol. Bnd. 27, 1902, p. 303.

⁵⁾ REICHER. Untersuchungen über die Schädelform der alpenländischen und mongolischen Brachycephalen. Arch. f. Morph. und Anthropol. Bnd. 15 und 16, 1913.

⁶⁾ GOLDSTEIN. Anthropometry of the Comanches. Journ. of Physical Anthropology, Vol. 19, 1934.

⁷⁾ F. BOAS. Zur Anthropologie der Nord-Amerikanischen Indianer. Zeitschr. f. Ethnologie, Bnd. 27, 1895 (Verh. der Berl. Gesellsch. f. Anthropol. etc. Jahrg. 1895, p. 366).

⁸⁾ With the Apaches registered by BOAS, with whom an 83 peak even fails, the 87 peak being very high, the number of ultrabrachycephalics is still larger.

I shall not reproduce here all the Indian index curves made by BOAS or by myself from the data recorded by others, showing shapes that correspond more or less with Eastern Asiatic groups, but only add a few more figures in which this correspondence is specially striking. So the thick continuous line in fig. 16 is a reproduction of the cephalic index curve of the Mandan and Gross Ventre Indians, measured by BOAS. In the dotted curve I registered the Asiatic Eskimo indices recorded by Mrs. JOCHELSON-BRODSKY¹). Evidently these curves show a great parallelism and in both of them the Paleo-Asiatic 79 and 81 indices give outstanding peaks.

That also only one of the Paleo-Asiatic peaks may occur with N. American Indians appears from fig. 17, where BOAS' Crow Indian indices are compared with the male and female Yakughir indices recorded by Mrs. JOCHELSON-BRODSKY, both having an 81 peak only. On the other hand BOAS' male Sioux show a 78, SALLER's²) a 79 cephalic peak only (cf. fig. 20).

That similar indicial relations are found in South America is shown by fig. 18, in which I compared RANKE's³) results concerning Brazilian Nahuqua, Auetö and Trumai tribes with JOCHELSON-BRODSKY's Chukchee.

In both curves the Paleo-Asiatic 79—81 peaks and the Central-Asiatic 83 peak occur, but the latter is more outstanding in the Asiatic Chukchee who in addition have also an outstanding 86 peak, failing in the Brazilian Indian curve. Among the female Quichas from Peru (fig. 19), measured by FERRIS⁴), only the Paleo-Asiatic 79 and 81—82 peaks occur⁵). Although with the Araucanas of S. America and the so-called Patagonians of the Chubut (in contrary to the Patagonians of the Rio Negro) Central-Asiatic peaks occur again, it seems that on the whole with the Indians of North and South America the meso-subbrachycephalic (Paleo-Asiatic) combination of indices is more frequent than the brachy-hyperbrachycephalic or Central-Asiatic type. As, however, the same already occurs in Eastern Asia, we cannot say that this is due to factors analogous to those influencing the descendants of the more recent American immigrants discussed before. At best we might say that these factors may favour the predominance of the Paleo-Asiatic index in America.

Naturally I do not intend to assume that all the precolumbian inhabitants of North and South America are derived from Eastern-Asiatic ancestors. Among the oldest Peruvian skulls (MacCurdy) as well as among the Fuegian and Patagonian skulls of the Rio Negro other features are found, but with those peoples and their index curves I shall deal later.

1) JOCHELSON-BRODSKY. Zur Topographie des weiblichen Körpers Nord-Ost Sibirischer Völker. Arch. f. Anthropol. Bnd. 33, 1906, p. 1.

2) SALLER. Zeitschr. f. Morph. und Anthropol. Bnd. 27, 1930. According to HRDLICKA (Am. J. of phys. Anthropol. Vol. XVI) the average of the males is 78.9, of the females 81.

3) K. E. RANKE. Anthropologische Beobachtungen aus Zentral-Brasilien Abh. Math. Phys. Klasse Kon. Bayr. Akad. der Wiss. Bnd. 24, 1907.

4) FERRIS. Anthropological studies on the Quicha and Machiganga Indian, Transact. Conn. Acad. of Arts and Sciences, Vol. 25, 1921.

5) With the male Quichas measured by this author the peaks are at 78 and 81.

Eskimoes.

I only want to add a few words concerning the Eskimoes.

It is well known that the Greenland Eskimo is different from the Alaska Eskimo. The latter, though not exactly the same as the Asiatic Eskimoes, has a Paleo-Asiatic cephalic index curve, as appears from fig. 20, in which the cephalic index curves of Alaska Eskimoes and Sioux are compared with the curve of an Asiatic group. In all of them the 78 peak is by far the most outstanding. Probably the same cephalic index is most prevailing with the male Eskimoes of St. Lawrence Island in Behring Street, since the male skulls from this island (continuous line fig. 21) recorded by HRDLICKA (l.c. 1924) have their peak at 77 (= the cephalic 78—79 peak).

For a comparison with Asiatic skulls I inserted in the same figure the curve of the Aino skulls already published in my preceding paper. The centre of the peak of both groups is at 77. Ethnological facts are also in favour of a relationship between the Alaska and St. Lawrence Eskimoes and the Asiatic Ainos.

This much is sure that the N.W. American Eskimo is closely related to Paleo-Asiatic groups.

On the other hand it is well known that the Greenland and Smithsund Eskimoes are very different. In fig. 22 I give the cranial index curves of the male and female adult Greenland Eskimo crania, examined by FÜRST and HANSEN¹). The most outstanding peaks are the 70(71) and 73 ones.

In fig. 24 the male and female Greenland indices together are arranged in the continuous curve. In the same figure I inserted the male and female Huron and Algonkin skulls of the Atlantic coast of America, found in New England, especially in Maine, Massachussets, New Hampshire, Rhode Island, Connecticut, the most northern corner of New-York State, Long Island, Staten Island, and Manhattan, recorded by HRDLICKA (l.c. 1927). Their curve shows exactly the same peaks as the Greenland Eskimoes do. This confirms the assumption (chiefly made on the ground of cultural remains) that these N.W. Atlantic-coast Indians are related to the Greenland Eskimoes.

Similar indices as with the Greenland Eskimoes are found with the male Smithsund-Eskimo skulls measured by BESSELS²) (fig. 25), with the only difference that the Smithsund skulls have a tendency to a lowering of the index, as appears not only from the 70 and 72 peaks in BESSELS' curve instead of the 71 and 73 peaks in FÜRST and HANSEN's, but especially from the occurrence of a hyper-dolichocephalic peak at 67—68 in the curve of BESSELS' skulls. This mutation is not seldom observed with such groups

¹) FÜRST and HANSEN. *Crania Groenlandica*, Höst, Copenhagen, 1915.

²) BESSELS. Einige Worte über die Inuit. (Eskimo) des Smithsundes, nebst Bemerkungen über Inuitschädel. *Arch. f. Anthr.* Bnd. 8, 1875, p. 107.

of dolichocephalic races as, living under poorer circumstances, acquire a more asthenic leptosome habitus¹⁾.

How can we explain the (70)71 and (72)73 peaks of the Greenland and Smithsund Eskimoes and the Atlantic-coast Hurons and Algonkins, these peaks being evidently *non-Eastern-Asiatic*.

The Greenland Eskimoes and also the Algonkins most likely are an ancient import, not from Eastern Asia but from Europe. WISSLER's opinion that they descend from very ancient European races, confirmed by several authors, is also confirmed by curve comparison.

So THURNAM's English Long Barrow skulls²⁾, whose indices are shown by the dotted line in fig. 25, show a striking parallelism with BESSELS' Smithsund skulls. On the continent of Europe pronounced 71 and 73—4 peaks occur with the eneolithic population of North-East and Middle Germany, whose indices (dotted line) are shown in fig. 26 together with the indices of BOAS' New-England skulls³⁾.

Most probably these ancient European races are closely related to the upper-paleolithic population of Europe, whose cranial indices — recorded by MORANT⁴⁾ — are indicated in fig. 23. The fact that also with these skulls the 71 and 73 indices are the most frequent peaks in favour of a relationship of the Greenland Eskimoes and allied American Indians with the upper paleolithic race, a group of which may have retreated north with the retreat of the glaciers and the reindeer.

MORANT himself emphasized that the average upper paleolithic skull does not differ more from the average Eskimo skull than any Eskimo skull does. The curve in fig. 23 confirms TESTUT's⁵⁾ and SOLLAS' ⁶⁾ opinion, accepted also by VON EICKSTEDT⁷⁾ and WEINERT⁸⁾, that the Greenland Eskimo is an upper paleolithic derivative. They probably are descendants of that

1) For other examples of this see: An introduction to the Anthropology of the Near East, p. 173. The same is observed with the Chuhra Indo-Aryans, a Paria cast, in contrast with their Aral-Caspian ancestors.

2) PARSONS. On the Long Barrow Race and its relationship to the modern inhabitants of London. Journ. of the Anthropological Institute. Vol. 51, 1921. This author also mentions several points of resemblance between the Long Barrow and Greenland Eskimo skull.

3) It is interesting to note that BOAS' New-England skulls have a distinct Paleo-Asiatic admixture (78 peak) and a small Central-Asiatic one (82 and 85 peaks), failing with the Greenland Eskimo and Long Barrow skulls.

4) MORANT. Studies of paleolithic man I: The Chancelade skull and its relation to the modern Eskimo skull. Annals of Eugenics Vol. I, 1926: IV. A biometrical study of the upper paleolithic skulls of Europe and of their relationships to earlier and later types. Ibidem Vol. V, 1930.

5) TESTUT. Recherches anthropologiques sur la squelette quarternaire de Chancelade. Bull. Soc. d'Anthrop. de Lyon, Tome 8, 1890.

6) SOLLAS. The Chancelade skull. Journ. Anthropol. Institute. Vol. 52, 1927.

7) VON EICKSTEDT. Rassenkunde und Rassengeschichte der Menschheit, Enke, Stuttgart, 1934.

8) WEINERT. Die Rassen der Menschheit, Teubner, Leipzig, 1935, p. 92.

upper paleolithic stock from which also the Proto-Aryans of the Eurasian steppes with their outstanding 71 peak and the African Hamites with their constant cranial 71—73 (cephalic 73—75) peaks¹⁾ may be derived.

The Aurignacian Combe-Capelle and the Magdalenian Chancelade skull — and perhaps the Solutrean Le Roc (MARTIN²⁾) and Obercassel skulls — probably offer the nearest comparison for the Eskimo.

In the many millenia lapsed since the upper paleolithic period the above-mentioned branches of this ancient stock have naturally changed. Also the Greenland branch — though living partly still under the same conditions — has not remained the same. LE GROS CLARK³⁾, although confirming the striking similarity between the Chancelade and the Greenland skull as far as concerns their general contour, scaphocephaly, parallel position of the lateral walls, anterior dolichocephaly, length and straightness of the bizygomatic arch, pointed to the differences between the orbital, palatal, humero-radial and humero-femoral indices (c.f. also KEITH⁴⁾).

Yet, MORANT's researches as well as the frequency curves in fig. 23 and 24 clearly indicate the relationship between the upper paleolithic people and the Eastern Eskimo, whose utensils even still resemble Magdalenian implements (BOAS⁵⁾, SOLLAS⁶⁾). For the occurrence of other ancient transatlantic affinities, see also SCHARFF⁷⁾.

As far as concerns the relationship of these Eskimoes with the Proto-Aryans of Eurasia, I may add that according to UHLENBECK⁸⁾ the Eskimo languages, contrary to the American-Indian languages, have distinct Indo-European constituents, which he, however, explains by ancient contact and language-mixture on Siberian soil.

EXPLANATION OF TABLES.

Table I.

Fig. 1. Cephalic indices of male Southern Arabs from Jemen, Oman and Hadramaut after the data of LEYS and JOYCE, MOCHI, BERTRAM THOMAS, KROGMAN and KEITH, and CIPRIANI.

¹⁾ See my next paper. The similarity of some ancient Atlantic coast skulls from Rhode Island with African skulls apparently is so great in many respect that a painstaking worker as R. B. DIXON took them for oriental (Negroid) skulls.

²⁾ MARTIN. *L'Atelier solutréen du Roc*. *l'Anthropologie*, Tome 38, 28.

³⁾ LE GROS CLARK. On a series of ancient Eskimo skulls from Greenland. *Journ. of the Anthr. Inst.* Vol. 50, 1920. See also *Man* Vol. 26, 1926.

⁴⁾ KEITH. Was the Chancelade man akin to the Eskimo? *Man*, Dec. 1925.

⁵⁾ BOAS. The Eskimoes of Baffin's Land and Hudson Bay. *Bull. of the American Museum of Natural History*, Vol. 15, 1901.

⁶⁾ SOLLAS. *Ancient Hunters*, fig. 177.

⁷⁾ SCHARFF. On the evidence of a former landbridge between Northern Europe and North America. *Proc. Roy. Irish Academy*, Vol. 28, 1909—'10.

⁸⁾ UHLENBECK. *Oer-Indogermaansch en Oer-Indogermanen*. *Mededeelingen der Kon. Akad. van Wetenschappen*, Amsterdam. *Afdeel. Letterkunde*, Deel 77, Serie A. N^o. 4, Amsterdam 1935.

Table 1

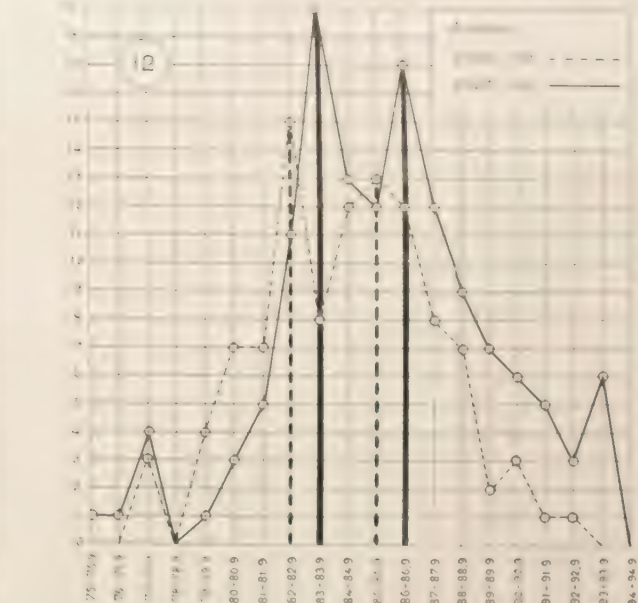
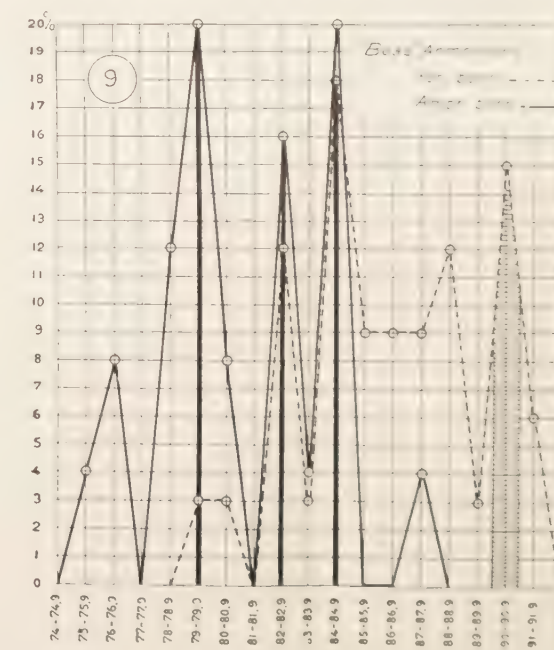
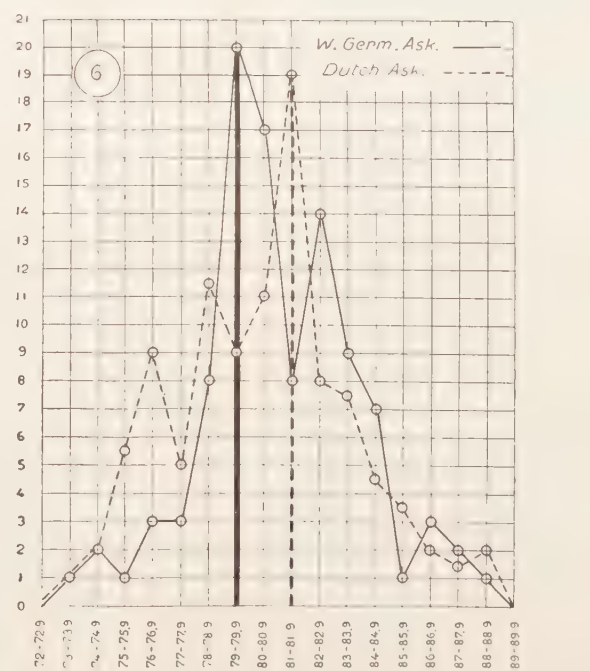
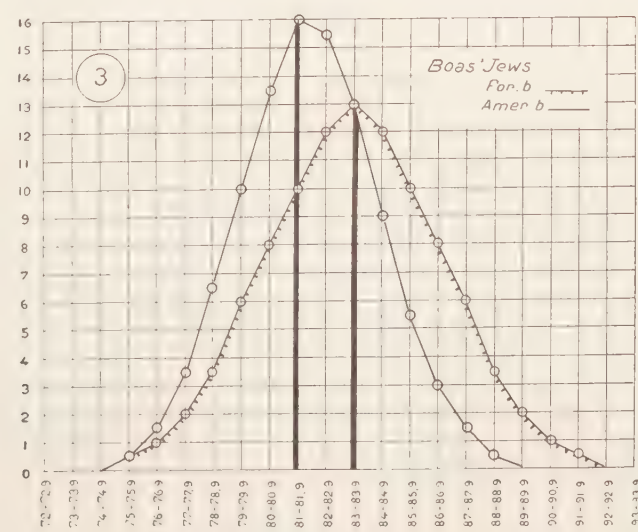
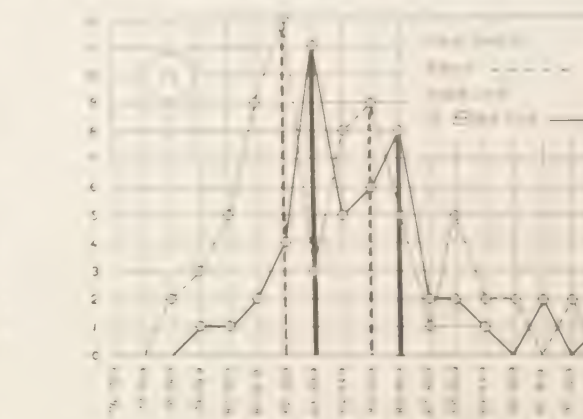
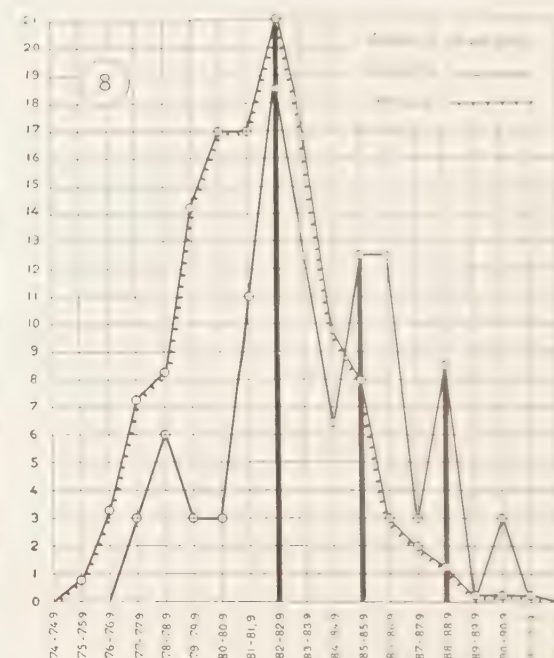
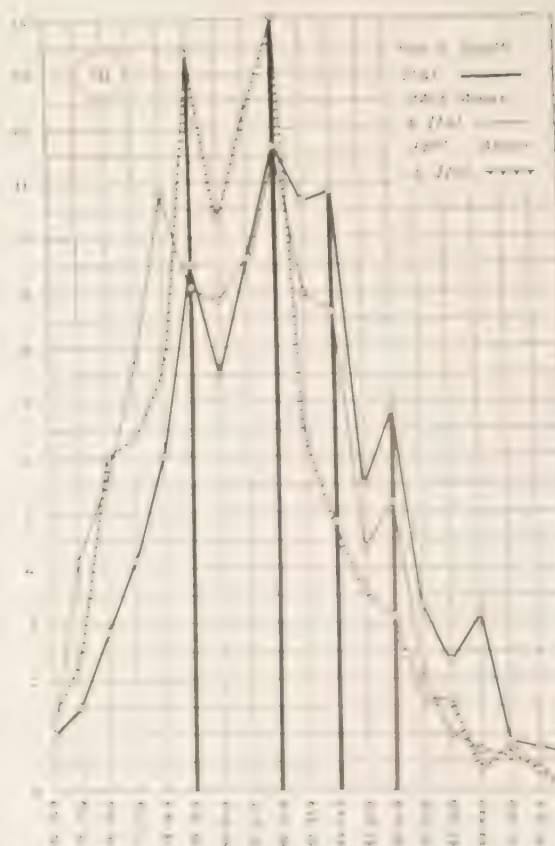
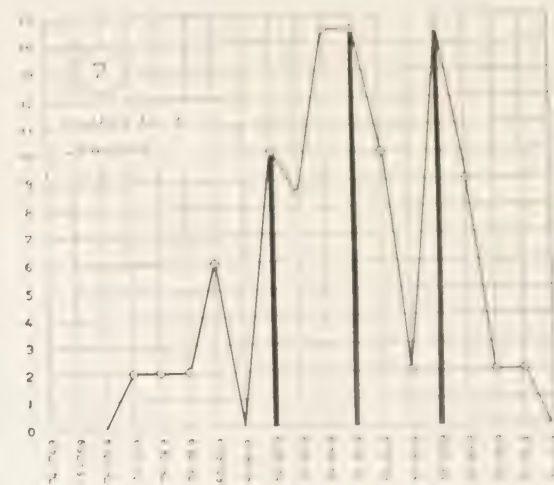
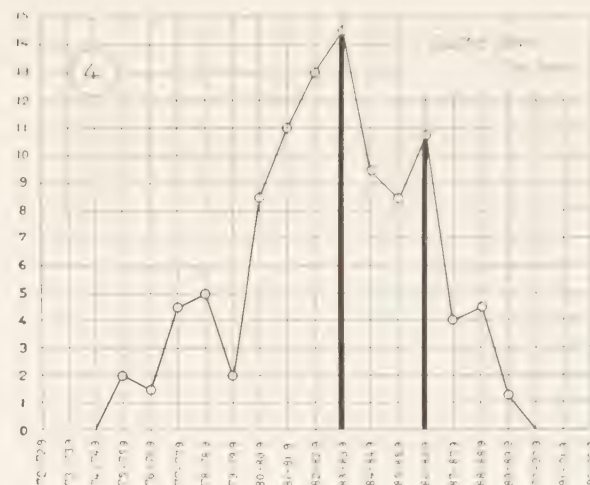
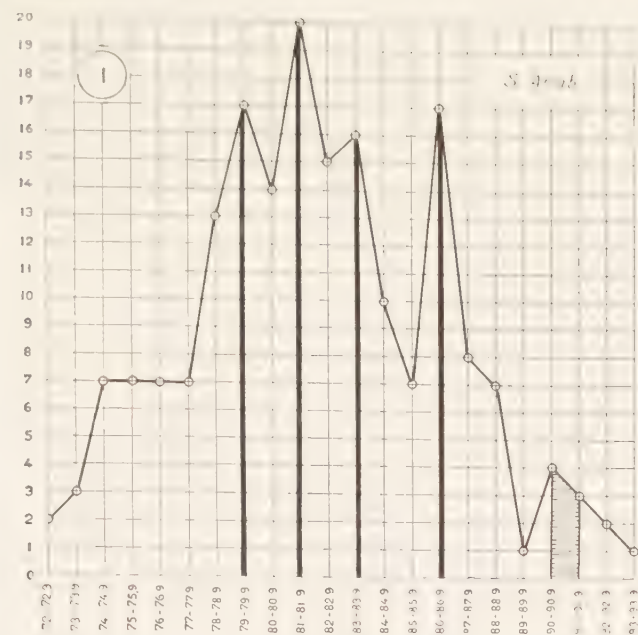
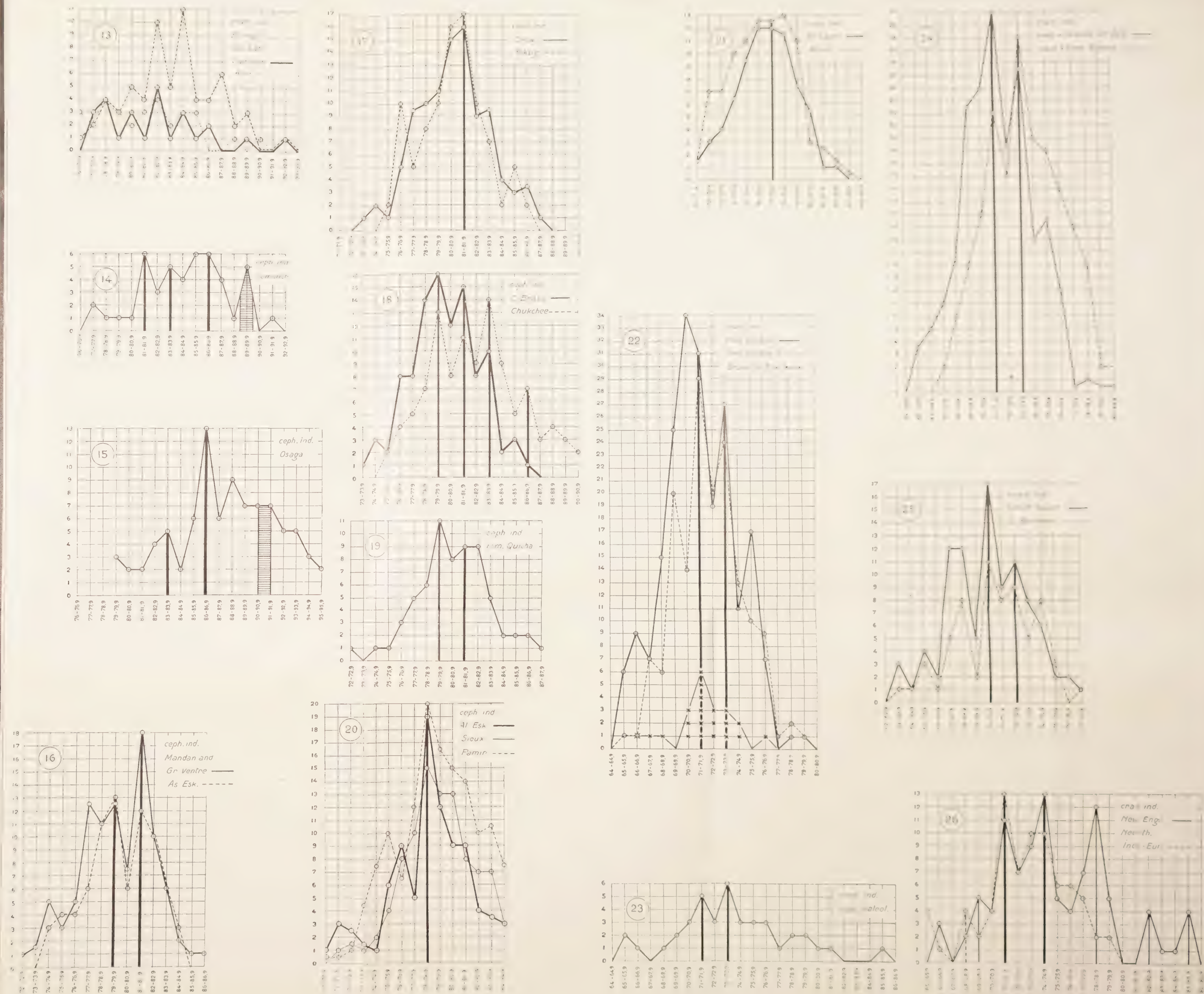


Table II



- Fig. 2. Cephalic indices of male Palestinian Arabs by KAPPERS.
 Fig. 3. Cephalic indices of male Jews by BOAS (for b. = foreign born; Amer. b. = their American born sons).
 Fig. 4. Cephalic indices of foreign born male Jews after GUTHE.
 Fig. 5. Cephalic indices of their American born sons by GUTHE.
 Fig. 6. Full line: Cephalic indices of male Askenasim Jews from Cologne and Francfort a/M by WEISSENBERG. Dotted line: Idem of male Askenasim Jews measured at Amsterdam by KLEIN and KAPPERS.
 Fig. 7. Cephalic indices of foreign born female Jews by GUTHE.
 Fig. 8. Full line: Cephalic indices of their American born daughters by GUTHE; Coambed curve cephalic indices of American born female Jews, after the data of HIRSCH.
 Fig. 9. Cephalic indices of BOAS' foreign and American born Armenians males and females, expressed in percentages (see text).
 Fig. 10. Thick line: cephalic indices of male foreign born Neapolitans, measured by LIVI. Thin line: idem of American born male Neapolitans, measured by HIRSCH. Coambed line: idem of American born female Neapolitans measured by the same.
 Fig. 11. Continuous curve cephalic indices of male San Blas Indians, measured by HARRIS. Dotted curve: cranial indices of Aleutian skulls, registered by HRDLICKA.
 Fig. 12. Continuous curve: cephalic indices of Armenians measured by KAPPERS. Dotted curve: cranial indices of Armenians measured by BUNAK.

Table II.

- Fig. 13. Continuous curve: cranial indices of Salish, Sahaptim and Caddoan Indian skulls, measured by HRDLICKA. Broken curve: idem of Buriate skulls measured by the same. Dotted curve: idem of Korean skulls measured by KOGANEI TARENESKY, BOGDANOFF and WALDEYER.
 Fig. 14. Cephalic indices of male Comanches, measured by GOLDSTEIN (some by BOAS).
 Fig. 15. Cephalic indices of male Osaga Indians, measured by BOAS.
 Fig. 16. Continuous curve: cephalic indices of male Mandan and Gross Ventre Indians, by BOAS. Dotted curve: dito of female Asiatic Eskimo, measured by Mrs JOCHELSOHN-BRODSKY.
 Fig. 17. Continuous curve: cephalic indices of male Crow Indians, measured by BOAS. Dotted curve: dito of male (and female) Yakughirs, recorded by JOCHELSOHN-BRODSKY.
 Fig. 18. Continuous curve: cephalic indices of male Nahuqua, Auetö and Trumai Indians of Central Brasil, measured by RANKE. Dotted curve: dito of male Chukchee, recorded by JOCHELSOHN-BRODSKY.
 Fig. 19. Cephalic indices of female Quicha Indians measured by FERRIS.
 Fig. 20. Thick continuous curve: cephalic indices of male Alaska Eskimo, measured by BOAS (1 = 2). Thin continuous curve: idem of 580 male Sioux by the same (1 = 2). Dotted curve: idem Pamirese recorded by Sir AUREL STEIN and recorded by JOYCE (1 = 2).
 Fig. 21. Continuous curve: cranial indices of St. Lawrence Eskimo, measured by HRDLICKA. Dotted curve: idem of Aino's recorded by KOGANEI, KOPERNICKI and others (1 = 2).
 Fig. 22. Continuous curve: cranial indices of male Greenland Eskimo skulls, measured by FÜRST and HANSEN. Dotted curve: idem of female skulls, measured by the same; Crosses: Greenland skulls of BROCA.
 Fig. 23. Cranial indices of upper paleolithic skulls, recorded by MORANT.
 Fig. 24. Continuous curve indices of all the male and female Greenland Eskimo skulls measured by FÜRST and HANSEN. Dotted curve: the male and female Algonkin skulls from Maine, Vermont, New Hampshire, Rhode-Island N.E. New-York State, Long-Island, Staten- and Manhattan Island, measured by HRDLICKA.

- Fig. 25. Continuous curve: cranial indices of Smith Sound Eskimoes, recorded by BESSELS. Dotted curve: indices of the Long Barrow skulls, measured by THURNAM and PARSONS.
- Fig. 26. Continuous curve: cranial indices of the New-England skulls, measured by BOAS. Dotted curve: cranial indices of the neolithic skulls from North-East and Middle-Germany, recorded by SCHLIZ.

Biochemistry. — *A few remarks on the iodine-amylum reaction.* By G. V. ITERSON JR. and J. COUMOU.

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

1. F. MYLIUS (16) contended in 1887 that besides the presence of iodine the presence of iodides or of hydriodic acid is required to form the blue iodo-amylum. Results apparently in contradiction with this should be explained, according to MYLIUS, by the formation of potassium iodide or hydriodic acid, the glass being of special influence in this matter.

This idea has been contested among others by L. BERCZELLER (4) in 1917, who stated that the iodine reaction may take place without the presence of iodine ions, for example, by using pure iodine in boiled quartz glass-ware.

In point of fact the iodine reaction succeeds, if executed according to the method of C. NÄGELI (17), with a slight variation, a crystal of pure iodine in water on a quartz slide being used. If, however, it is considered that grains of starch contain exchangeable ash constituents, then neither BERCZELLER's observation nor the experiment indicated by us proves convincing. BERCZELLER's statement is besides impaired since he assumes that the presence of iodine ions intensifies the colour of iodo-amylum, omitting to state, however, why this should be the case.

Furthermore, the arguments against MYLIUS put forward by N. VON EULER and K. MYRBÄCK (8) in 1922 are weak, thus making MYLIUS' conception still maintainable.

2. In the course of time a great number of compounds have become known which produce a blue coloration with iodopotassium iodide, similar to the one produced with starch. In particular G. BARGER (1, 2 and 3) and cooperators have enlarged our knowledge in this respect. Only recently D. KRÜGER (14) added a new example.

From these data it appears that the occurrence of the blue reaction is connected with either the presence or formation of crystals, or with the colloidal state of the reacting product. In the real solutions no blue iodine reaction has been observed up to now. Assuming that "crystallites" are present in the colloidal state, we can reduce the condition necessary for the occurrence of the reaction to the requirement that the matter must be in crystalline state.

In this connection especially the agreement of the iodine reaction of narceine crystals and the iodo-amylum reaction indicated by W. STEIN (19) as early as 1869 is of importance. We call special attention to the "dichroism" of narceine crystals coloured blue with iodine and that of many periodides of alkaloids, of which herapathite forms the most interesting example. This dichroism, namely, makes it probable that the iodine has been fixed in the crystal lattice in very specific spots.

The presence of iodides or hydriodic acid besides that of iodine appeared to be required, or at any rate to act favourably, in many of the above-mentioned reactions. Sometimes other ions also, especially polyvalent cations, were effective. G. BARGER and E. FIELD (1) draw attention to the fact that double transpositions could have taken place here and that iodides could have been formed, but they prefer a colloid chemical explanation for this phenomenon (the iodine is considered to be colloidal in this case).

3. In 1915 G. BARGER and W. W. STARLING (2) concluded that "it is probable that the addition of iodine by the organic substance is a result of residual affinity". Although G. BARGER and F. D. EATON determined in 1924 that the physical nature of the material is also of essential importance for the occurring of the iodine reaction, the first mentioned conclusion had not to be withdrawn.

The observations of M. BERGMANN (5) and those of M. BERGMANN and M. GIERTH (6) in 1925 and 1926 on iodine reactions with compounds containing "etheroxygen" (where hydriodic acid or potassium iodide were also required) led BERGMANN to the supposition that "molecular compounds" are formed, in which the ether-oxygen atom should be active. BERGMANN supposes that something similar happens with the formation of iodo-amylum.

In this connection we refer to the investigation of W. v. KAUFMANN and A. LEWITE (13) who concluded in 1919 that the behaviour of starch to formaldehyde may best be explained by supposing that ether groups in the starch with formaldehyde may form a compound which decomposes in water.

With reference to P. PFEIFFER's *Org. Molekülverbindungen* 2. Aufl. 1927, and especially to the recent treatise of G. BRIEGLEB and W. LAUPPE (7) we emphasize that there are three possible structures of compounds of starch, iodine and potassium iodide or hydriodic acid. Firstly a "pseudosalt" may be formed in which oxygen is active with four valencies. Secondly a salt of "oniumform" may develop, where ions are bound together. Thirdly, a coordinative trivalent oxygen may play a role.

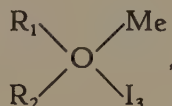
From the considerations of A. HANTZSCH (11) on the relation between the constitution and the colour the first mentioned type of structure would appear the most probable one for the blue iodo-amylum (according to

HANTZSCH, iodine, of all halogens, shows the greatest tendency to form "pseudosalts").

4. A. LOTTERMOSER and A. OTT (15) made it probable in 1930 that starch from an iodo-potassium iodide solution fixes the following ions or molecules :

I_3 -ions, I_2 -ions, I -ions, KI_3 - and KI -molecules. The I_3 -ions are fixed by preference, then come the I_2 -ions, and so on.

If all these facts are combined, it becomes probable that, in dealing with the blue starch iodine reactions, inside the crystallites molecules of the following type are present :



where Me represents a monovalent metal atom or a hydrogen atom. We leave it undecided as to whether the etheroxygen, present in the hexagons of the starch molecule according to HAWORTH, plays a role here, or whether this is done by the etheroxygen supposed to be present as a connecting link between the hexagons.

The objection might be raised that F. L. GILBERT, R. R. GOLDSTEIN and T. M. LOWRY (10), when determining the absorption spectra of 7 aromatic polyhalides and of 8 caesiumpolyhalides, found absorptions characteristic of the "brown iodine solutions". However, it should be borne in mind that these spectra have been determined for "real" solutions and that the solid CsI_3 (as well as several solid polyiodides of alkaloids) is blue-black. We shall not enter further into discussions as to how the iodine in the group I_3 , present in the crystallites, may be connected up, but will only indicate how it is possible that iodine occurs bound in such a way that during light absorption a process occurs of the nature proposed by J. FRANCK (9) which causes the violet colour of iodine vapours.

5. To confirm the above conception, we have asked ourselves whether it might not be possible to demonstrate the influence of iodine ions, while reacting with iodine for starch, more convincingly than is done according to the method of MYLIUS.

We took as our starting point the observation that a suspension of starch in KI solution of 10 % concentration, saturated with iodine, could not be brought to "gelatinization" by boiling. This appeared to be particularly striking because of the observations of M. SAMEC (18) and of J. VAN DER HOEVE (12) who found that a potassium iodide solution of this strength without iodine lowered the gelatinization point of starch considerably.

It is known that iodo-amylum is a negative lyophobic colloid ; the possibility exists, therefore, that the observed raising of the gelatinization point is due to the precipitation of the iodo-amylum by the K -ions, added in

great excess. The lyophobic properties of iodo-amylum, however, are not strong — vide BARGER and FIELD (1) — that is why it was considered of importance to investigate whether the raising of the gelatinization point could be observed also with low concentrations of iodo-potassium iodide. With these low concentrations the precipitating action of the K -ions may be considered improbable. In fact, this appeared to be the case.

L. BERCZELLER (4) described a few observations in 1917 on the gelatinization of iodo-amylum. He experimented with starch which had first been soaked with iodo-potassium iodide solution (e.g. a saturated solution of iodine in a normal solution of potassium iodide). Next, the supernatant liquid was decanted and replaced by distilled water. In the most favourable case he observed a raising of the gelatinization point of 1°C . We obtained definitely greater increases by our method.

6. For the determination of the gelatinization point we applied the method of M. SAMEC (18), with the one variation that the temperature of the water-bath was not allowed to rise during the experiment but kept at 74.0°C . The suspension of potato starch used contained 1 gram of air-dry starch in 800 cm^3 of liquid. Below we give a few of our observations. We note that the liquids of the concentrations indicated were poured onto the air-dry starch in the above-mentioned ratio. The solution, which contained iodine only, had been prepared by shaking pure iodine with distilled water; no special care was taken to obtain electrolyte-free solutions, it being sufficient for our purpose to obtain a comparison of the gelatinization temperatures.

Liquid in which starch was suspended	Observed temp. of gelatinization in $^{\circ}\text{C}$.	Raise with respect to starch in water
1. Distilled water	$\left\{ \begin{array}{l} 64.0 \\ 64.1 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \end{array} \right.$
2. 0.014% I sol.	$\left\{ \begin{array}{l} 65.2 \\ 65.4 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1.2 \\ 1.4 \end{array} \right.$
3. 0.014% I sol. + 1% KI sol. . . .	$\left\{ \begin{array}{l} 70.4 \\ 69.6 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 6.4 \\ 5.6 \end{array} \right.$
4. 1% KI sol.	63.8	-0.4
5. 0.006% I sol. + 1% KI sol. . . .	$\left\{ \begin{array}{l} 68.0 \\ 68.1 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 4.0 \\ 4.1 \end{array} \right.$
6. 0.014% I sol. + 0.05% KI sol. .	69.6	5.9

After our remarks sub 1., it will not be considered surprising that an iodine solution without potassium iodide produces a slight raise of the temperature of gelatinization. We call special attention to the last observation, because it demonstrates clearly, in comparison with the results

of the experiments numbered 2 and 3, how large an influence is exerted on the point of gelatinization by the addition of a very low concentration of potassium iodide in the presence of free iodine.

7. Immediately the question arises whether in this experiment hydriodic acid may be substituted for the potassium iodide. As will be apparent from the following data, this happens to be the case. It may be noted that the solution of hydriodic acid was made iodine-free by means of hydrogen sulphide.

Liquid in which starch was suspended	Observed temp. of gelatinization in °C.	Raise with respect to starch in water
7. 0.01 % I sol. + 0.05 % HI sol. .	68.7	4.7
8. 0.01 % I sol. + 1 % HI sol. . .	71.3	7.3
9. 1 % HI sol.	64.1	0

Thus in this case also the addition of *HI* in a concentration which of itself has no effect appears, in the presence of iodine, to have a definite influence on the gelatinization point.

8. If our theory is right, it is to be expected that iodine ions will show a specific action on the gelatinization point, compared with other anions, if present together with free iodine.

The results of experiments made to determine this point, to which a few

Liquid in which starch was suspended	Observed temp. of gelatinization in °C.	Raise with respect to starch in water
10. 0.01 % I sol. + 0.5 % H ₂ SO ₄ sol. . .	65.5	1.4
11. 0.01 % I sol. + 0.06 % H ₂ SO ₄ sol. . .	65.1	1.0
12. 0.01 % I sol. + 0.07 % KNO ₃ sol. . .	65.7	1.6
13. 0.01 % I sol. + 1 % KNO ₃ sol. . . .	68.4	4.3
14. 0.01 % I sol. + 0.01 % HCl sol. . . .	64.3	0.3
15. 0.01 % I sol. + 0.035 % Ca Cl ₂ sol. . .	65.9	1.9
16. 0.01 % I sol. + 0.035 % Ba Cl ₂ sol. . .	65.5	1.5
17. 0.01 % I sol. + 0.075 % Ba Cl ₂ sol. . .	66.5	2.5
18. 0.015 % I sol. + 0.05 % K ₂ SO ₄ sol. . .	65.7	1.6
19. 0.01 % I sol. + 0.1 % La(NO ₃) ₃ sol. . .	{ 68.3 67.7	{ 4.3 3.7
20. 0.015 % I sol. + 0.04 % Al Cl ₃ sol. . .	69.3	5.3
21. 0.015 % I sol. + 0.1 % Ca I ₂ sol. . . .	>74.0	>10.0
22. 0.1 % CaI ₂ sol.	64.3	0.3

observations on the influence of cations have been added, follow below.

Comparison of the data 7 and 11, 6 and 12, and also 7 and 14, supports our opinion that among the anions the iodine ions exert a specific action. The polyvalent cations produce a definitely higher increase than the monovalent ones. This is not surprising, however, if we consider the fact that iodo-amylum is a negatively charged colloid. The interesting effect of the combination of iodine and calcium iodide (vid. Nr. 21 and compare with Nr. 15 and Nr. 22) is in agreement with this explanation.

The result with 1 % KNO_3 -solution bids us to be careful; the possibility exists however that potassium iodide is formed by double exchange.

9. The investigation of the possible influence of other free halogens on the gelatinization point of starch was next taken in hand. SAMEC's method being used, neither a bromine or a chlorine solution as such, nor with the addition of potassium chloride, showed an appreciable influence on the gelatinization point. At most, differences of a few tenths of a degree could be seen.

It appeared, however, that with some of the experiments with bromine no "complete" gelatinization of the starch grains occurred. As a matter of fact it could be observed macroscopically and without doubt that the presence of bromine and potassium bromide together had its effect on the gelatinization. A starch suspension in water saturated with bromine could be made to gelatinize completely by boiling, but the addition of potassium bromide prior to boiling produced only a swelling of the starch grains on boiling. The swelling resulted in a yellow mass, which settled as a gel on standing. A solution of soluble starch is changed neither by the addition of potassium bromide nor by the addition of bromine; however, a mixture of bromine and potassium bromide produces a gelatinous precipitate.

With chlorine, no similar results could be observed.

Delft, June 1935.

Laboratory for Technical Botany.

LITERATURE CITED.

1. G. BARGER and E. FIELD. Blue Adsorption Compounds of Iodine, Part I. Starch, Saponarin, and Cholalic Acid, *J. Chem. Soc. London*, **101**, 1394—1408, 1912.
2. G. BARGER and W. W. STARLING. Blue Adsorption Compounds of Iodine, Part II and III. Derivatives of α - and of γ -Pyron, *J. Chem. Soc., London*, 1081, 411—424, 1915.
3. G. BARGER and F. J. EATON. Blue Adsorption Compounds of Iodine, Part IV, *J. Chem. Soc.* **125**, 2405—2414, 1924.
4. L. BERZELLER. Unters. üb. Adsorptionsverb. u. Adsorption. *Biochem. Ztf.* **84**, 106—117, 1917.
5. M. BERGMANN. Jodverbindungen einfacher 1, 2-Cyclo-acetale vom Typus der Jodstärke. *Ber. d. D. chem. Ges.* **57**, 753—757, 1924.
6. M. BERGMANN und M. GIERTH. Ueber isomere Alkylverbindungen des Cyclo-hexanol-2-on-1, *Ann. d. Chem.* **448**, 48—76, 1926.

7. G. BRIEGLÉB und W. LAUPPE. Zur Frage der Affinitätsabsättigung des Sauerstoffes in Molekülverbindungen der Alkohole, Aether, Ketone und Aldehyde, Ztf. physik. Chem. B 28, 154—166, 1935.
8. H. V. EULER und K. MYRBÄCK. Verbindungen von Iod mit Bestandteilen der Stärke, Ann. d. Chemie 428, 1—25, 1922.
9. J. FRANCK. Elementarprozesse photochemischer Reaktionen. Bemerkungen über die homöopolare Bindung. Ztf. physik. Chem. 120, 144—150, 1926.
10. F. L. GILBERT, R. R. GOLDSTEIN and T. M. LOWRY. Adsorption Spectra of Polyhalide Ions, J. Chem. Soc. London, 1931, 1092—1103.
11. A. HANTZSCH. Ueber Isomerie zwischen echten und Pseudo-Haloidsalzen, Ber. d. D. chem. Ges. 52^{II}, 1544—1572, 1919.
12. J. VAN DER HOEVE, Verstijfeling van aardappelmeel, Diss. Utrecht, 1930.
13. W. VON KAUFMANN und A. LEWITE. Ueb. die Natur der Lösungen von Stärke in Formalin und die quantitative Rückverwandlung von Formalin Stärke in Stärke, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis des Farbentons von Jodlösungen, Ber. d. D. chem. G. 52, 616—627, 1919.
14. D. KRÜGER. Ueber die gefärbten Jodderivate eines Acridinderivates, Ber. d. D. chem. G. 65, 13—18, 1932.
15. A. LOTTERMOSER and A. OTT. Unters. üb. die Konstitution der Jodstärke. Koll. Ztf. 52, 138—159, 1930.
16. F. MYLIUS. Ueb. die blaue Jodstärke, Ber. d. D. chem. Ges. 20, 688—695, 1887.
17. C. NÄGELI. Die Reaktion von Iod auf Stärkekörner und Zellmembranen, Sitz. ber. d. Kön. Bay. Akad. Wiss. München, 1862, 251—321 and 1863, 483—586.
18. M. SAMEC. Die Lösungsquellung der Stärke bei Gegenwart von Kristalloiden, Koll. chem. Beih. 3, 122—160, 1912.
19. W. STEIN. Ueb. das Verhalten des Narceïns gegen Jod, Journ. f. prakt. Chem. 160, 310—312, 1869.

Mathematics. — *Über allgemeine konforme Geometrie in projektiver Behandlung.* Von J. A. SCHOUTEN und J. HAANTJES.

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

Wir kündigen hier ein Theorem an, dessen Beweis an anderer Stelle veröffentlicht werden soll.

In einer X_n ¹⁾ sei ein Fundamentaltensor bis auf einen beliebigen Zahlenfaktor gegeben. Entweder ist dann die konforme Geometrie in der X_n *konformeuklidisch*, d. h. der Konformkrümmungsaffinor verschwindet, oder dieser Affinor verschwindet nicht. Im ersten Falle gilt bekanntlich der Satz:

Die Geometrie der X_n ist identisch mit der Geometrie einer quadratischen Hyperfläche in einer P_{n+1} ²⁾,

der sich genauer folgendermassen formulieren lässt:

1) X_n = n -dimensionale Mannigfaltigkeit mit gewöhnlichen nicht homogenen Koordinaten.

2) P_{n+1} = $(n+1)$ -dimensionale Mannigfaltigkeit einer gewöhnlichen projektiven Geometrie.

Zu einer X_n mit einer konformeuklidischen Geometrie, lässt sich eine P_{n+1} konstruieren, derart dass

1. die X_n sich eineindeutig abbildet auf eine quadratische Hyperfläche der P_{n+1} .
2. der Kegel der asymptotischen Richtungen (oder der Erzeugenden) der Hyperfläche in jedem Punkt korrespondiert mit dem Nullkegel des Fundamentaltensors.
3. Zwei in dieser Weise konstruierte P_{n+1} „nicht wesentlich verschieden“ sind ¹⁾).

Wir verallgemeinern diesen Satz für eine X_n mit beliebiger konformer Geometrie für n ungerade und > 2 .

Statt einer P_{n+1} konstruieren wir eine H_{n+1} ²⁾ mit einer symmetrischen und speziellen Punktübertragung $\Pi^\alpha_{\gamma\beta}$ und einem symmetrischen Fundamentalprojektor $a_{\beta\alpha}$; $\alpha, \dots, \iota = 0, 1, \dots, n+1$. Die zugehörige Krümmungsgrösse sei $N^\alpha_{\dot{\alpha}\dot{\gamma}\dot{\beta}}$. Es gilt dann folgendes Theorem:

Zu einer X_n mit einer allgemeinen konformen Geometrie, lässt sich für n ungerade und > 2 eine H_{n+1} mit einer symmetrischen und speziellen Punktübertragung ³⁾ $\Pi^\alpha_{\gamma\beta}$ und Fundamentaltensor $a_{\beta\alpha}$ konstruieren, derart dass

1. In H_{n+1} überall gilt

$$\nabla_\gamma a_{\beta\alpha} = 0$$

$$N^\alpha_{\dot{\alpha}\dot{\gamma}\dot{\beta}} = 0$$

2. die X_n sich ein-eindeutig abbildet auf die Hyperfläche $a_{\alpha\beta} x^\alpha x^\beta = 0$ der H_{n+1} .

3. der Kegel der asymptotischen Richtungen in jedem Punkte dieser Hyperfläche dem Nullkegel des Fundamentaltensors der X_n entspricht.

4. zwei in dieser Weise konstruierte H_{n+1} „nicht wesentlich verschieden“ sind.

Die konforme Geometrie in X_n ist damit für n ungerade und > 2 auf die (allgemeine) projektive Geometrie einer Hyperfläche in einer speziellen H_{n+1} zurückgeführt. Verschwindet die Konformkrümmungsgrösse, so wird die H_{n+1} eine P_{n+1} und die Hyperfläche geht über in die durch $a_{\beta\alpha}$ festgelegte quadratische Hyperfläche.

¹⁾ „Nicht wesentlich verschieden“ nennen wir zwei Mannigfaltigkeiten mit darin enthaltenen Gebilden und Grössen, wenn es möglich ist in jede ein Koordinatensystem zu legen, derart dass in bezug auf diese Koordinatensysteme alle Gebilde in beiden durch dieselben Gleichungen dargestellt werden und alle Grössen in Punkten mit gleichen Koordinaten dieselben Bestimmungszahlen haben.

²⁾ $H_{n+1} = (n+1)$ -dimensionale Mannigfaltigkeit mit homogenen (VAN DANTZIGschen) Koordinaten x^α .

³⁾ Vgl. unsere Arbeit: Zur allgemeinen projektiven Differential-Geometrie, Comp. Mat. 1935.

Als Korollar folgt der bekannte Satz:

Jede V_n (n ungerade) lässt sich einbetten in einer V_{n+2} mit verschwindendem RICCI-Tensor $K_{\dot{\alpha}\dot{\gamma}\dot{\beta}}^{\dot{\alpha}}$.

Historisches.

E. CARTAN ist schon 1922¹⁾ auf den Gedanken gekommen eine konforme Geometrie mit Hilfe eines „Pseudoparallelismus“ zu behandeln indem er jedem Punkte einen $(n+1)$ -dimensionalen *Lokalraum* mit $n+2$ projektiven Koordinaten zuordnete und benachbarte Mannigfaltigkeiten unter Forderung der Invarianz einer lokalen kwadratischen Hyperfläche aufeinander abbildete. Bei dieser Behandlungsmethode stellen sich kovariante Differential-quotienten ein von der Art $\nabla_{\mu} v^{\alpha}$ wo α die Werte $0, 1, \dots, n+1$ durchläuft, μ aber nur die Werte $1, \dots, n$, da es sich ja stets um Differentiationen entlang der X_n handelt.

Sodann ist es T. Y. THOMAS 1932²⁾ für ungerades $n > 2$ gelungen den Differentialquotienten $\nabla_{\mu} v^{\alpha}$ formal zu ergänzen zu einer invarianten Grösse $\nabla_{\gamma} v^{\alpha}$, wo jetzt auch γ die Werte $0, 1, \dots, n+1$ annehmen kann. Von einer Einbettung ist aber bei T. Y. THOMAS noch keine Rede.

Unsere Betrachtungen ergänzen diese Untersuchungen. Indem wir von einer Einbettung ausgehen gelang es gerade den wichtigsten Punkt, die Eindeutigkeit der Einbettung d. h. das „nicht wesentlich verschieden“ sein der konstruierten H_{n+1} zu beweisen.

Für gerades n ist noch wenig bekannt. Es stellen sich besondere Bedingungen ein, von denen wir bis jetzt nur beweisen konnten dass sie für $n=2$ identisch erfüllt sind. Es bleiben insbesondere zwei Fragen: *a.* Sind die Bedingungen auch für $n > 2$ identisch erfüllt und *b.* Kann man im Falle des Erfülltseins der Bedingungen die Eindeutigkeit erzwingen durch irgendwelche invariante Bedingungen schärfer als $N_{\dot{\alpha}\dot{\gamma}\dot{\beta}}^{\dot{\alpha}} = 0$?

1) Sur les espaces conformes généralisés etc. C. B. 174 (1922) 857—860. Les espaces à connexion conforme, Ann. de la soc. polon. de math. (1923) 171—221.

2) Conformal tensors, Proc. Nat. Ac. 18 (1932) 103—112, 189—193.

Astronomy. — *Mittlere Lichtkurven von langperiodischen Veränderlichen.*
XXIV. *R Lacertae*. Von A. A. NIJLAND.

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

Instrumente *S* und *R*. Die Beobachtungen wurden alle auf *R* reduziert; die Reduktion *R*—*S* beträgt $-0^m.18$. Spektrum M5e (HA 79, 193). Gesamtzahl der Beobachtungen 721 (von 2416847 bis 2427951). Es wurden wieder, wie in allen früheren Mitteilungen, die in zwei Instrumenten angestellten Schätzungen nur einmal gezählt.

Bei den vier eingeklämmerten Schätzungen (2417119, 7122, 2426721, 6727) liegt offenbar ein grober Irrtum vor¹⁾. Der Stern wurde 35-mal als unsichtbar notiert, und es mussten noch 72 in der *Figur 1* mit *x* angegebene Schätzungen als fraglich oder sogar verdächtig unberücksichtigt gelassen werden: es bleiben dann 610 Beobachtungen für die Reduktion übrig.

Das Minimum ist im Zehnzöller schwer beobachtbar. Viele Schätzungen wurden im Beobachtungsheft als zweifelhaft mit ? notiert; überdies wurde der Veränderliche bei den Minima 2417118, 2423408, 5205 und 6699 ein paar Mal unrichtig identifiziert. Der Fehler konnte nachher nicht immer ein wandfrei korrigiert werden, und so mussten die Minima 7118 und 6699 von der Reduktion ausgeschlossen werden. Dass, wie ich s.Z. glaubte (s. A.N. 4116), unweit 7136 ein sekundäres Maximum stattgefunden haben sollte, ist wohl durch die Verwechslung von *R* mit *x* vorgetäuscht. Es soll also a.a.O. (Spalte 185, Bem. 11) *R*—*x* statt *r*—*R* gelesen werden. Auch die Epoche 2427600 muss ausser Betracht bleiben, da hier zu wenig zuverlässige Beobachtungen vorliegen. Von der angeblichen Duplizität des Veränderlichen (s. J.B.A.A. 36. 66) habe ich niemals etwas bemerken können. Leider wird a.a.O. nur der Abstand $5''.7$ des Begleiters gegeben, nicht aber seine Helligkeit. Allerdings liesse sich vielleicht durch das Vorhandensein eines schwachen Begleiters die Tatsache erklären, dass das Minimum bei *R Lacertae* flacher zu sein scheint als wie es sich gewöhnlich bei den langperiodischen Veränderlichen gestaltet.

Karte: HAGEN, *Atlas Stell. var. Series III*; s. auch *Spec. Vat. XII*.

Die Tabelle I gibt eine Übersicht der benutzten Vergleichsterne. Stern *j* kam nur selten zur Verwendung. Für Stern *m* gibt MITCHELL als Mittel aus 6 Bestimmungen in *Mem. Am. Ac.* (XIV N^o. IV, p. 294) die Grösse $12^m.39$. Die Sterne *h*, *j* und *k* wurden 2-mal (2417174 und 7256) an die Grenze des Suchers *S* angeschlossen; für *h* ergibt sich hieraus die Grösse $10^m.97$. Stern *x* wurde fast bei jedem Minimum an die Grenze von *R* angeschlossen: das Mittel aus 86 Schätzungen ist $13^m.75$. Für Stern *c*

¹⁾ Die Schätzung 2417197, $R = 12^m.24$ wurde in der *Figur* irrtümlicherweise eingeklammert.

TABELLE I. Vergleichsterne.

*	HAGEN	BD	St.	HA 29	HA 74	Grenze	H
<i>b</i>	5	+ 41.4582 ^o	57.0	8.50 ^m	8.43 ^m	—	8.52 ^m
<i>c</i>	9	+ 41.4593	49.6	9.29	9.08?	—	9.21
<i>d</i>	12	+ 41.4585	47.1	—	—	—	9.44
<i>e</i>	15	+ 41.4591	43.0	10.05	9.69	—	9.83
<i>f</i>	23	+ 41.4587	38.6	10.68	10.00	—	10.24
<i>g</i>	26	+ 41.4592	36.8	10.70	10.40	—	10.41
<i>h</i>	30	—	32.1	—	10.75	10.97 ^m	10.85
<i>j</i>	35	—	27.8	—	—	—	11.25
<i>k</i>	39	—	25.2	—	—	—	11.50
<i>l</i>	46	—	19.9	—	—	—	11.99
<i>m</i>	56	—	15.5	—	12.40	—	12.40
<i>n</i>	64	—	11.7	—	—	—	12.76
<i>q</i>	74	—	5.9	—	—	—	13.30
<i>x</i>	78	—	0.0	—	—	13.75	13.86

(HAGEN Nr. 9) gibt die Karte der *Series III* $\Delta \delta = -0'.1$, die Karte in den *Aggiunte* aber richtig $\Delta \delta = -1'.0$ (s. auch die der *Series III* beigegebene Tabelle). Für die Deklination des Sterns ist HA 74. 245 50' statt 48' zu lesen, in Übereinstimmung mit HA 57. 272, wo der Stern mit *d* bezeichnet wird. Die Stufenskala bezieht sich auf die Grösse 11^m.0; der Stufenwert ist 0^m.094.

Es liegen 41 Schätzungen der Farbe vor, welche für fünf Sechstel aus den Jahren 1905 bis 1916 stammen. Möglicherweise hat sich (Tabelle IIa) die Farbe allmählig ein wenig vertieft. Eine Korrelation mit der Helligkeit ist nicht nachweisbar (Tabelle IIb). Das allgemeine Mittel ist 2^c.39.

TABELLE IIa und IIb. Farbenschätzungen.

Zeitraum	<i>n</i>	Farbe	Grösse	<i>n</i>	Farbe
²⁴¹ 6998—8173	18	^c 2.25	^m 8.98	14	^c 2.43
²⁴² 8417—1734	17	2.44	9.32	14	2.01
4125—7118	6	2.67	9.74	13	2.65
	41			41	

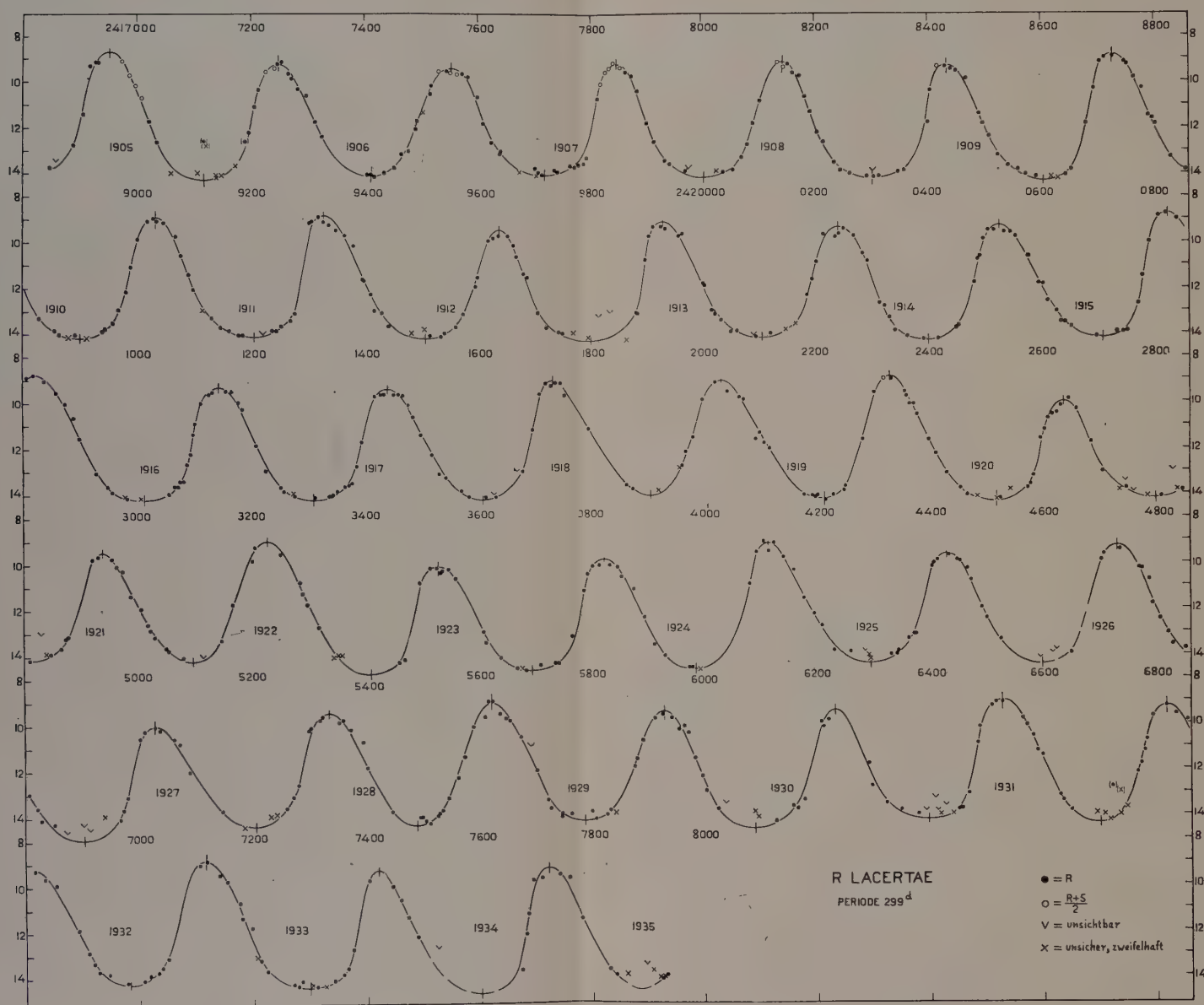


Fig. 1.

Die *Figur 1* enthält die Beobachtungen, alle auf R reduziert. Die Reihe der Abweichungen (Beobachtung minus Kurve) zeigt 198 Plus-, 222 Minuszeichen, 190 Nullwerte, 215 Zeichenfolgen, 204 Zeichenwechsel. Das Mittel der absoluten Werte der Abweichungen ist $0^m.109$.

Ein Einfluss des Mondscheines auf die Helligkeitsschätzung ist kaum nachweisbar. Es verteilen sich auf 105 bei Mondschein angestellte Beobachtungen die Abweichungen wie folgt: 33 Plus-, 47 Minuszeichen, 25 Nullwerte.

Die Tabelle III enthält die aus der Kurve abgelesenen Epochen der Minima m und der Maxima M . Die Spalte R wurde mit den Elementen

$$2422201^d + 299^d E \text{ (für die Minima)}$$

und

$$2422331 + 299 E \text{ (für die Minima)}$$

gerechnet.

Die übrigbleibenden $B-R$ sind nicht sehr gross, sogar bei den flachen und daher unsicher bestimmten Minima, aber ein Zuviel an Zeichenfolgen stört, namentlich bei den soviel genauer festgelegten Maxima. Da es offenbar nicht gelingen wird, hier mit einfachen Mitteln viel zu verbessern, habe ich mich mit der einfachen Formel R zufriedengestellt.

Für $\frac{M-m}{P}$ findet man 0.435.

Nach der G und L (II. 372) hätte sich die Periode $299^d.8$, welche bis d. J. 1908 die beobachteten Maxima sehr gut darstellt, später sprunghaft auf $299^d.2$ verringert. „Die Bestimmung des monatelang dauernden Minimums ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft.“

PRAGER's Katalog für 1935 gibt den Periodenwert $299^d.3$, und das aus sämtlichen von mir seit d. J. 1905 in den *Astr. Nachr.* mitgeteilten Epochen der Minima und Maxima abgeleitete allgemeine Mittel ist 299^d .

Die extremen Werte des Lichtwechsels sind:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Minimum: } 14^m.33 \pm 0^m.035 \\ \text{Maximum: } 9.26 \pm 0.054 \end{array} \right\} \text{ (m.F.).}$$

Die Amplitude beträgt somit $5^m.07$. Beim Maximum scheinen die Abweichungen vom Mittelwert regellos aufzutreten; beim Minimum hingegen überwiegen anfangs die kleineren Werte so stark, dass man fast an eine plötzliche Erniedrigung des kleinsten Lichtes (um etwa $0^m.3$) bei 2423408 ($E = +4$) hätte glauben können. Ich halte aber angesichts der vielen Schwierigkeiten, mit denen auch bei mir die Bestimmung des Minimums verknüpft ist, die Realität dieser Vertiefung keineswegs für verbürgt.

Es wurde in der bekannten Weise die Bestimmung der mittleren Kurve vorgenommen. Die beiden Teilkurven schliessen wieder genau an einander an (*Figur 2*), und liefern eine vollkommen glatt verlaufende Lichtkurve (Tabelle IV).

TABELLE III.

E	Minima <i>m</i>				Maxima <i>M</i>			
	<i>B</i>	<i>v</i>	<i>R</i>	<i>B-R</i>	<i>B</i>	<i>v</i>	<i>R</i>	<i>B-R</i>
- 18	—	—	—	—	²⁴¹ 6952	^m 8.7	6949	+ 3
- 17	²⁴¹ [7118]	^m [14.3]	7118	[0]	7250	9.3	7248	+ 2
- 16	7410	14.1	7417	- 7	7554	9.4	7547	+ 7
- 15	7717	14.1	7716	+ 1	7848	9.2	7846	+ 2
- 14	8004	14.2	8015	-11	8144	9.1	8145	- 1
- 13	8302	14.2	8314	-12	8434	9.2	8444	-10
- 12	8604	14.3	8613	- 9	8726	8.8	8743	-17
- 11	8900	14.2	8912	-12	9033	8.9	9042	- 9
- 10	9205	14.1	9211	- 6	9327	8.8	9341	-14
- 9	9505	14.2	9510	- 5	9636	9.4	9640	- 4
- 8	9800?	14.3?	9809	- 9?	9930	9.1	9939	- 9
- 7	²⁴² 0105	14.2	0108	- 3	²⁴² 0240	9.3	0238	+ 2
- 6	0400	14.3	0407	- 7	0526	9.3	0537	-11
- 5	0708	14.2	0706	+ 2	0823	8.8	0836	-13
- 4	1013	14.2	1005	+ 8	1142	9.3	1135	+ 7
- 3	1308	14.3	1304	+ 4	1438	9.4	1434	+ 4
- 2	1605	14.3	1603	+ 2	1728	9.0	1733	- 5
- 1	1906	14.1	1902	+ 4	2032	9.1	2032	0
0	2214	14.2	2201	+13	2330	8.9	2331	- 1
+ 1	2518:	14.3	2500	+18:	2638	10.0	2630	+ 8
+ 2	2800	14.2	2799	+ 1	2938	9.5	2929	+ 9
+ 3	3096	14.2	3098	- 2	3226	9.0	3228	- 2
+ 4	3408:	14.8?	3397	+11:	3526	10.2	3527	- 1
+ 5	3690	14.7	3696	- 6	3821	9.8	3826	- 5
+ 6	3985:	14.6	3995	-10:	4114	9.1	4125	-11
+ 7	4294:	14.4:	4294	0:	4429	9.6	4424	+ 5
+ 8	4598?	[14.4]	4593	+ 5?	4731	9.3	4723	+ 8
+ 9	4904?	14.9?	4892	+ 2?	5027	10.0	5022	+ 5
+ 10	5205?	14.4?	5191	+14?	5333	9.5	5321	+12
+ 11	5488	14.4	5490	- 2	5618	9.1	5620	- 2
+ 12	5785	14.3	5789	- 4	5928	9.5	5919	+ 9
+ 13	6090	14.6	6088	+ 2	6230	9.4	6218	+12
+ 14	6396	14.2:	6387	+ 9	6526	9.0	6517	+ 9
+ 15	[6699]	[14.4]	6686	[+13]	6817	9.2	6816	+ 1
+ 16	6982	14.3	6985	- 3	7116	8.9	7115	+ 1
+ 17	7298	14.4	7284	+14	7420	9.3	7414	+ 6
+ 18	[7600]	14.7?	7583	[+17]	7718	9.3	7713	+ 5
		14.33		± 6		9.26		± 6

TABELLE IV. Die mittlere Lichtkurve.

Phase	ν	Phase	ν	Phase	ν	Phase	ν	Phase	ν
-100 ^d	12.09 ^m	-30 ^d	14.18 ^m	+40 ^d	13.99 ^m	+100 ^d	10.23 ^m	+160 ^d	9.95 ^m
-90	12.56	-20	14.27	+50	13.76	+110	9.60	170	10.45
-80	13.00	-10	14.33	+60	13.45	+120	9.35	180	10.98
-70	13.36	0	14.33	+70	12.91	+130	9.26	190	11.51
-60	13.65	+10	14.33	+80	12.15	+140	9.36	200	12.04
-50	13.88	+20	14.25	+90	11.20	+150	9.58	210	12.51
-40	14.06	+30	14.15						

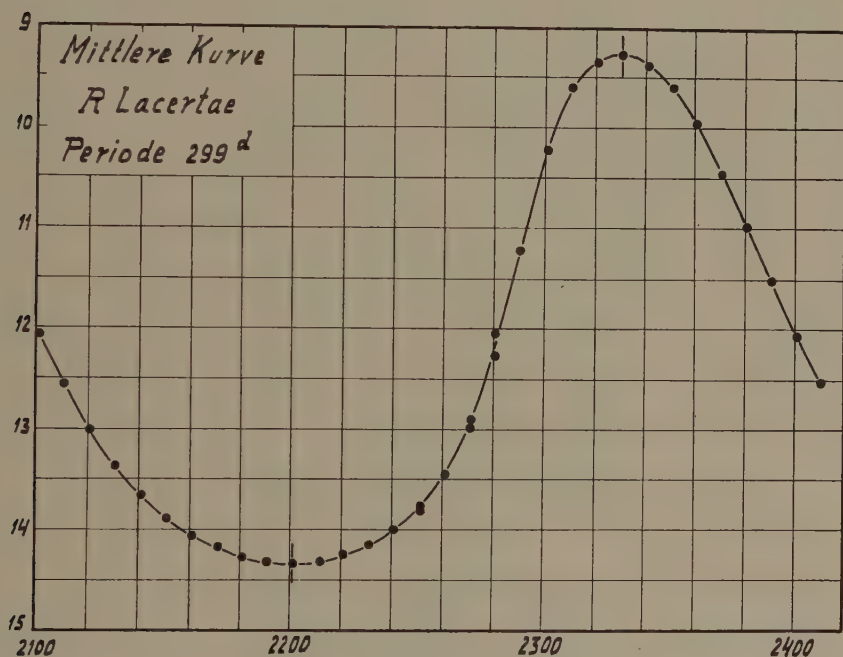


Fig. 2.

Die Streuung in der Nähe von 50^d erreicht die Werte:

	m	M	Mittel
im aufsteigenden Aste:	0 ^m .173	0 ^m .392	0 ^m .282
im absteigenden Aste :	0 .108	0 .216	0 .162
Mittel:	0 .141	0 .304	

Die Streuung ist wieder grösser beim Maximum, und grösser im aufsteigenden Aste. Das Verhältnis der Streuungen 0.282 und 0.162 ist 1.74, das Verhältnis der durchschnittlichen Geschwindigkeiten des Lichtwechsels bei Auf- und Abstieg ist 1.30.

Utrecht, Juni 1935.

Chemistry. — *Extension of the theory of complex coacervation to ionic disperse systems.* By H. R. KRUYT and H. G. BUNGENBERG DE JONG.

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

When some years ago we started the discussion of the phenomena of partial miscibility in colloid systems¹⁾, we chose the name coacervation on the ground of the mechanical picture which in our opinion we had to introduce for the phenomenon and in contradistinction to a phenomenologically corresponding phenomenon in systems with purely true solubility.

A long series of papers have been published²⁾ since, dealing in particular with complex coacervation, i.e. the separation of a liquid phase from a mixture of two oppositely charged hydrophilic colloid sols, as well as with the essentially connected auto-complex coacervation. All results obtained in case of complex coacervation are intelligible from the following point of view. The relative viscosity of colloid mixtures with identical polarity is an additive magnitude; in case of opposite polarity a curve occurs with a minimum, while at the same time coacervation phenomena arise (utramicro-, micro-, macro-coacervation); the position of the minimum is determined by compensation of the opposition in polarity, the intensity of the dehydration in the minimum by the density of the charge on the surface of the colloids (weak and strong coacervators).

The mechanical picture, suggested by these experiences, is the following (see fig. 1): owing to their opposite polarity the particles attract each

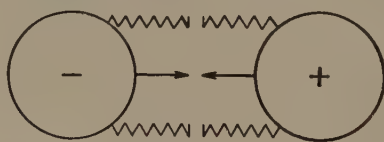


Fig. 1

other, owing to their hydration they are kept apart³⁾: an equilibrium is formed between an attracting and a repelling factor.

Meanwhile, what is this hydration and why does it decrease by opposite polarity? Hydration is the orientation of the water-dipoles in the electric field on the surface of the colloids. This hydration gradually decreases with the distance from the surface (fig. 2); the whole atmosphere of the

¹⁾ H. G. BUNGENBERG DE JONG and H. R. KRUYT, *Proc.* **32**, 849 (1929).

²⁾ H. G. BUNGENBERG DE JONG and collaborators. *Bioch. Z.* **212**, 318 (1929); **221**, 182, 392, 403 (1930); **232**, 338, **234**, 367, **235**, 185 (1931); **248**, 115, 131, 309, 336, **254**, 15, 35 (1932); **257**, 62, **259**, 436, 442; **260**, 161; **262**, 161, 390, **263**, 33 (1933). These articles will further be cited in Roman figures.

³⁾ In fig. 1 the arrows represent the attraction, while the springs indicate repulsive buffers.

oriented dipoles contributes to the viscosity. In case of a mixture of

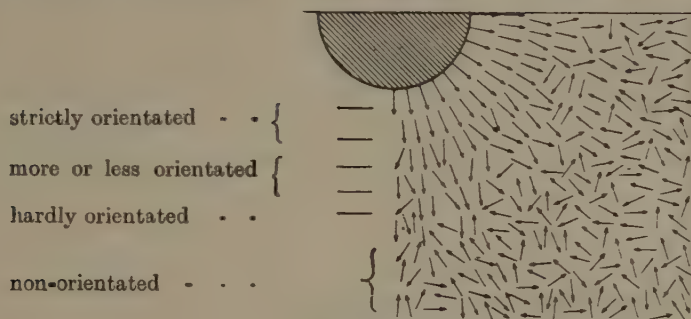


Fig. 2.

oppositely charged colloids a condition sets in which is represented by fig. 3.

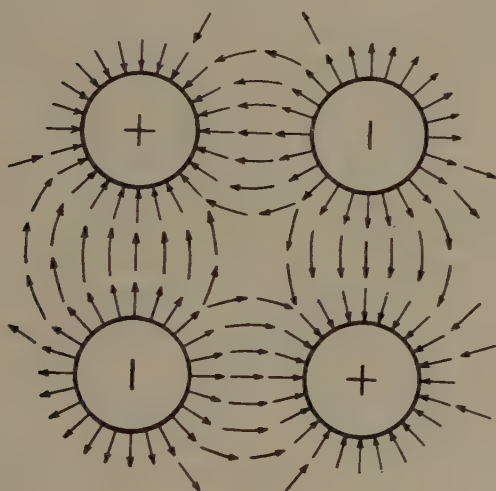


Fig 3.

The dipoles are sucked into the lines of electric force, since this means a decrease of the free energy of the system.

If (as is commonly done) *dilute* solutions of the colloids are put together, a system as represented in fig. 3 will give rise to the separation of a phase rich in colloids. In equilibrium with this phase rich in colloids there is then a phase rich in water, the so-called "equilibrium liquid" ¹⁾.

The opposition in polarity disappears if, e.g. by means of neutral salts, the ζ potential of one of the components is annihilated. Since this is dominated for negative colloids by the valency of the cations, for positive ones by the valency of the anions (rule of SCHULZE-HARDY), the prevention of coacervation by neutral salts (and the compensation of an

¹⁾ H. G. BUNGENBERG DE JONG, L. W. J. HOLLEMAN and B. S. Tj. MODDERMAN, Koll. Beih. **39**, 334 (1934).

already present coacervation respectively) takes place according to two rules of valency, viz. 1—1, 1—2, 1—3, etc. and 1—1, 2—1, 3—1, etc.

The conception of complex coacervation briefly stated here is founded on the above-cited researches: the viscosimetrical experiences are found in the treatises I, II, III, those on the constitution¹⁾ of the coacervate drops in IV and V (electrical disintegration), VI and XI (amount of water in the coacervate drops), those on the influence of neutral salts in I, II, III, VI, and XX.

The form of the coacervate will depend on various factors. In the first place the amount of water will decide whether the coacervate is drop-liquid or rigidly solid (cf. VI) and the amount of water, we only just mentioned it, is a function of the mutual attraction. It is also possible that the micelles are arranged according to an ordered pattern, which however in case of colloids occurs so rarely that GRAHAM felt justified to regard the ideas colloid and crystalloid as complete contrasts.

On closer consideration of the view that opposition of potential decreases the hydration but does not annihilate it completely, because the sucking in of the oriented water-dipoles may yet bring about a stabler condition than that of the separated components, it is clear that no specifically colloid-chemical datum is discussed here, but it is suspected that in *every* system with oppositely charged particles, dispersed in water, the same phenomena will be possible and under wellchosen conditions even probable. Immediately, therefore, the question rises whether complex coacervation (or — if desired — unmixing) consequently must generally occur in *electrolyte-solutions*, for in the solution of a strong electrolyte in water the very same conditions are found: oppositely charged ions, surrounded by oriented water-dipoles.

In this direction already points the existence of the so-called *auto-complex coacervation* (e.g. gum arabic + Hexol nitrate), where the formed coacervate possesses all typical properties of the complex coacervates, in spite of the fact that only one colloid component is present here and the other is replaced by an oppositely charged crystalloid ion (cf. VII—XX). The representation used thus far, viz. that the crystalloid ion is adsorbed to the colloid particle, which causes a mosaic of charge to be formed on the surface of the colloid particles, may have been a fertile work hypothesis for the exploration of this type of coacervation, but after all it only represents the condition of the particles before their union to the coacervate and it only has reason of existence for the description of the coacervation mechanism.

The fact, however, that the disintegration phenomena also are completely identical to those of the complex coacervates rather indicates that in the formed coacervate itself the oppositely charged crystalloid ion may not be considered more bound to one special colloid particle than to the surrounding particles. This signifies, therefore, that in auto-complex coacervates the crystalloid ions are in a position perfectly equivalent to that of the "colloid ions".

Owing to this fact it may also be expected that these colloid ions likewise may be

¹⁾ More elaborate analyses will be published later in the *Kolloid Beihefte*.

replaced by well-chosen crystalloid ions, with the preservation of the "coacervation phenomenon", while the unmixed electrolyte-containing liquid will display the same characteristic properties of the "complex coacervates".

The fact that unmixing is not known in salt solutions seems to refute this view. However, it should be considered *where* there is a chance to meet with this phenomenon.

1. The condition of unmixing is regulated by the dipoles passing in and out the electric field. The higher the kinetic energy of the dipoles, the more unfavourable is the chance to realize a phenomenon of unmixing of the type discussed above. It is necessary to remain below a certain critical consolute temperature and consequently to make researches at a *low* temperature.

2. Moreover, we should not investigate the concentrations below those of the "equilibrium liquids"; the higher the salt concentration, the greater is the chance of getting within the heterogeneous area.

Consequently 1 and 2 lead the investigation to a *high* salt concentration and *low* temperature.

3. It has been stated above that the condition of coacervation may be one of less free energy than that of homogeneity. It should, however, be considered that a condition of *still* lower energy is possible, viz. that where the electrolyte separates out in the form of solid crystals (with or without water of crystallization). The rivalry between lattice energy and hydration energy dominate this problem. The condition of unmixing may consequently be an energetic intermediate stage between homogeneous distribution and saturated solution with Bodenkörper. At a low temperature and high concentration, however, the limit of solubility is generally far surpassed. The preceding considerations consequently lead the investigation to the *supersaturated* solutions.

These now may be attained by causing the electrolyte, which has to lead to "complex coacervation", to be formed in homogeneous solution, i.e. by e.g. double decomposition.

If we wish to obtain AB in supersaturated solution, we mix the solutions of the soluble combinations AC and DB; but then generally DC is formed as a neutral electrolyte with its detrimental consequences for the complex coacervation which have been described above.

Considering all these difficulties, it is not surprising that these phenomena have "never" been found accidentally. A purposeful investigation, however, has indeed demonstrated the existence of the phenomena of unmixing in salt solutions.

A number of examined cases follow below.

UNMIXING IN MIXTURES OF TWO AQUEOUS SALT SOLUTIONS.

*Luteo-cobalt chloride — Antimonyl potassium tartrate*¹⁾.

We start from a 0.1 N solution of luteo-cobalt chloride and a 0.1 mol.

¹⁾ These first two examples of unmixing were already found in 1932 in collaboration with F. A. MENALDA.

solution of antimonyl potassium tartrate, further indicated below by L and A. At room-temperature the mixtures 10 L + 90 A, 14 L + 86 A and 80 L + 20 A remain clear. In the intermediate range of mixture proportions a strong turbidity sets in, which has altogether the character of unmixing, viz. in a system with an upper consolute temperature: When slightly heated, the strongly turbid mixtures become clear and once more show turbidity on cooling, while retardation phenomena (such as may play a part in crystallization) are out of the question. Microscopically very small globules are observed.

After a shorter or longer time, however, the turbidity does not disappear any more on heating; microscopically it is seen that the original merely present very small globules have been replaced by crystals. The crystals, therefore, have a smaller solubility than the globules and this can be beautifully observed in the microscopic preparation: In the original field full of small droplets crystals originate somewhere radially from one single point. These crystal-rosettes now are always surrounded by a clear space, i.e. the globules are dissolved and the luteo-antimonyl tartrate is crystallized.

The unmixing, however, disappears at room temperature, on shaking with a little solid KCl or K_2SO_4 . It is observed here that K_2SO_4 has a stronger action in this respect than NaCl.

However, these clear mixtures are also supersaturated with regard to the crystalline Luteo-cobalt antimonyl tartrate: Frequently it is crystallized soon after it has become clear by means of a neutral salt.

The phenomenon of unmixing described above soon does not appear any longer in more dilute solutions: The limit is found at about 0.04 N L and 0.04 mol. A.

Hexol nitrate — Antimonyl potassium tartrate.

In principle the same unmixing-phenomenon is found here as has been described above (remixing by neutral salts, crystallization). However, the turbidity in 0.1 N Hexol nitrate and 0.1 mol. antimonyl potassium tartrate does not clear up altogether on heating. The main mass of the sediment sticks to the glass as a viscous lump. Since this unmixing salt, which arises by double transmutation, has a hexavalent cation (to a trivalent cation above) it may be understood that the effective attraction is more powerful, which becomes manifest in the greater viscosity, the higher consolute temperature, and at room-temperature the lower limit of concentration at which unmixing still takes place. The latter lies below 0.01 N and 0.01 mol. respectively.

Hexol nitrate — $K_3Co(CN)_6$.

Here also the unmixing is still found in fairly low concentrations, e.g. still in 2 m. equiv. solution. This system was elaborately investigated by K. C. WINKLER, who found a complete analogy with the complex coacervation. For example, the separating droplets electrophoretically have

a positive and negative charge respectively, according as the one component or the other is present in excess.

Further the unmixing is removed according to the two rules of valency: $3-1 > 2-1 > 1-1$ and $1-3 > 1-2 > 1-1$ respectively.

Hexol nitrate — Sodium amyl sulphate (iso).

In this combination also unmixing occurs, but the required concentrations are considerably higher.

The unmixing-phenomena mentioned above are by no means exclusively bound to the complex Luteo or Hexol cations. They are, for example, also met with in the following combinations, containing salts in which bivalent cations of the principal or secondary series of the periodical system are present.

$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ — Sodium tartrate

$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ — Sodium benzoate

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ — Sodium succinate

Here we may with advantage proceed as follows:

We put 2 drops of the two fairly concentrated salt solutions (e.g. of 1—2 N) by the side of each other on an object-glass (without their touching each other) and cover this with a cover-glass. By diffusion, automatically obtained, all sorts of mixing-proportions are formed closely around the line of contact, and the unmixing into droplets may now be observed. With respect to the Cd tartrate it should be remarked that it may with advantage be slightly heated, the "coavervate" at room-temperature being very poor in water. It is at the same time favourably distinguished by the fact that here the spontaneous crystallization does not easily set in.

All phenomena of unmixing occurring here disappear again if a sufficient amount of neutral salt is added.

BaCl_2 — Ammonium molybdate

SrCl_2 — Ammonium molybdate

Here again concentrated solutions are used and now the formation of truly liquid drops may be observed under the cover-glass.

Particularly the combination with SrCl_2 is very well suited for demonstration, as at room-temperature it yields a very slightly viscous "coacervate", which soon separates out in the test-tube as a completely clear, mobile macro-liquid layer.

As in all cases of unmixing described above, the mixing-proportion here also plays an important part. Compare the following table, where the effect is stated of increasing addition of a solution (prepared in the cold) of 25 gr. Ammonium molybdate in 85 gr. water (solution A) to a SrCl_2 solution 2 N.

5 cc SrCl_2 2 N +	1 cc A	}	no unmixing
"	2 "		
"	3 "		
"	4 "		
"	5 "	}	small unmixed layer
"	6 "		
"	7 "		
"	8 "		
"	10 "	}	larger unmixed layer
"	15 "		
"	20 "		
"	20 "		
"	20 "	}	still larger layer
"	10 "		
"	15 "		
"	20 "		
"	20 "	}	max. large layer
"	15 "		
"	10 "		
"	5 "		
"	20 "	}	layer smaller than with 8 cc A
"	15 "		
"	10 "		
"	5 "		
"	20 "	}	no unmixing.
"	15 "		
"	10 "		
"	5 "		

The A solution being about 1 N (the Ammonium molybdate regarded as $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ 4 aq.), the maximal unmixing takes place at about the equivalent proportion.

After a short while the unmixed layer is crystallized, which is accompanied by the rising of liquid bubbles (= upper layer) originating from the surface of the crystals. Although in the tubes with $A=5$ and $A=20$ no unmixing occurred, soon crystals are formed here also.

Unmixing in the binary system salt-water.

In the examples of unmixing described above we still have to do with 4 kinds of ions. It was remarked before that the salt DC, formed by double decomposition, should not be ascribed an active part in the formation of the ionic unmixing in the system AB-water. It should rather be considered as detrimental.

From this we may draw the conclusion:

a) It must be possible also to realize the unmixing directly in the binary system: salt AB-water.

b) Cases may be found where we do not observe unmixing, if we try to obtain it by the usual method of double decomposition, whereas it may be found in the binary system AB-water itself.

ad a) After a while the Sr molybdate mentioned above is crystallized and now it may be sucked off, washed and then made into a saturated solution. If a drop of this solution is observed microscopically *without cover-glass*, the phenomenon of unmixing is soon perceived on the periphery of the solution, for here the evaporation of the water brings about relatively the largest rise in concentration. After a shorter or longer time here also crystallization sets in. Beautiful pictures are likewise obtained with crystals of Luteo-cobalt antimonyl tartrate. Owing to the easy formation of germs it is advisable first to filter the saturated solution and then slightly heat it.

ad b) In mixtures of Luteo-cobalt chloride and Sodium thiosulphate we did not observe unmixing at room-temperature. From concentrated solutions the *Luteo-cobalt thiosulphate* soon separates out in crystalline form. However, the saturated solution of these crystals by the method described above does indeed show the phenomenon of unmixing on the periphery of

the liquid. The neutralizing action of the NaCl, formed by double transmutation, consequently prevents us to observe the existence of an area of unmixing in the system Luteo-cobalt chloride + Sodium thiosulphate + H_2O ¹⁾.

Discussion.

Unmixing in supersaturated solutions of electrolytes is consequently a frequently occurring phenomenon, exactly as our premises led us to expect. That yet in many cases it cannot be demonstrated may certainly be partly ascribed to the fact that research at really low temperatures is excluded, owing to the nature of the solvent water. There is besides another consideration which makes it understood that in many cases the realization of the intermediate state of unmixing is exceedingly hard to attain. We need only ask: why does in the above-mentioned cases the coacervation (accumulation) of ions take place, but not the arrangement to a solid crystalline phase? That is the well-known question, raised by HABER in 1921, about Häufungs- and Ordnungsgeschwindigkeit. On the ground of his researches he concludes that for dipoles the Ordnungsgeschwindigkeit is great with regard to the Häufungsgeschwindigkeit, for multipoles however small; in the first case, namely, the correct state of order is highly probable, in the latter case it is far less so. In anhydrous 1—1 valent electrolytes the observation of the Häufung, of the "coacervation", will be mostly impossible, because it is immediately covered by Ordnung (in the crystal lattice). It is, therefore, not accidental that the above-described cases always contain at least one multivalent ion.

We do not want to omit remarking that VAN LAAR²⁾ already 30 years ago discussed the existence of hidden areas of unmixing in systems with "abnormal" components.

The results described here show the unusual fact that a phenomenon was sooner discovered and understood in the field of the hydrosols than in that of the largely examined electrolyte solutions in water. This is due to the fact that in this special case the conditions in the hydrosols are much more favourable than in the true solutions. In the colloids the density of charge is smaller than with ions, consequently the effective attraction less strong, the permanent dipole orientation of the water greater, the tendency to lattice formation smaller. The separation into two stable liquid phases is consequently much more easily obtained, but this does not affect the fundamental similarity of the two kinds of systems.

Utrecht, }
Leiden, } June 1935.

¹⁾ It is to be expected that, if the double decomposition is led in such a way that CD also is insoluble, the unmixing of AB may yet take place, although it fails to occur when the ions C. and D are chosen in such a manner that the salt CD remains in dissolved condition. Cf. the observation mentioned in Abegg Vol. II, 2 p. 481: Durch Umsatz von CdSO_4 mit $\text{Ba}_2\text{S}_2\text{O}_3$ oder SrS_2O_3 in konzentrierter Lösung erhält man ein dickes Öl, das kristallinisch zu $\text{CdS}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ erstarrt.

²⁾ J. J. VAN LAAR, These Proc. 1905, p. 517.

Plantkunde. — *Verschuiving der Periodiciteit door hooge temperaturen. Aanpassing en export voor het Zuidelijk halfmond. II.* (With summary.) Door ANNIE M. HARTSEMA en A. H. BLAAUW. (Mededeeling N^o. 45 van het Laboratorium voor Plantenphysiologisch Onderzoek te Wageningen.)

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

In een vorige publicatie (Mededl. 28, 1930) hebben we aangetoond dat men de ontwikkeling van *tulpen* en *hyacinthen* het best kan remmen, wanneer deze nog in het bladafsplitsend stadium verkeerden. De bollen werden daarom direct na het rooien, voordat er van eenigen bloemaanleg sprake is, in een lage temperatuur gebracht, waarbij een stilstand in de ontwikkeling intrad, zonder dat daarbij schade werd veroorzaakt. Nadat de periodieke ontwikkeling van de *narcis* was nagegaan (Mededl. N^o. 38, 1933) bleek, dat het niet mogelijk zou zijn de *narcis* op dezelfde wijze te remmen. Immers hier is bij het rooien de bloem reeds geheel gevormd. In de publicatie over den invloed van verschillende temperaturen op de strekking (Mededl. N^o. 35, 1932) wezen wij daar ook reeds op.

Eind Juli 1931 begonnen wij het onderzoek naar den invloed van verschillende hooge en lage temperaturen bij de *narcis*, waarvoor ook ditmaal de variëteit King Alfred werd gebruikt. Een deel van de bollen (groep I en II) werd op 31 Juli 1931 onmiddellijk na het rooien naar 8 verschillende temperaturen, nl. 4 lage en 4 hooge temperaturen gebracht. Om de 4 weken werden uit iedere temperatuur 15 bollen gefixeerd en tenslotte werd na 28 weken de rest van deze bollen nog gedurende 10 weken bij 17° gelegd, waarna ze op 28 April 1932 geplant werden.

Een ander gedeelte (groep III en IV) werd eerst gedurende 10 weken bij 17° gelegd en daarna werden de bollen over dezelfde 8 temperaturen verdeeld. Het was de bedoeling na te gaan, of de jonge bloemaanleg deze hooge en lage temperaturen direct na het rooien kon verdragen, of dat dit beter ging, wanneer de bloem door 10 weken 17° eerst wat verder gegroeid was. Uit zuinigheidsnoodzaak moesten deze laatste proeven 4 weken vroeger worden afgebroken en daardoor moesten deze bollen reeds op 31 Maart 1932 geplant worden.

We zullen nu eerst groep I en II verder bespreken. In tabel 1 en 2 vindt men de gemiddelde lengten van de verschillende organen, resp. na 16 en na 28 weken, vergeleken met die bij het begin der proeven (31 Juli).

Reeds na 16 weken bleken de bollen uit — 1½° binnenin geheel verdroogd te zijn, terwijl uit 34° de helft der bollen bedorven was. Na 28 weken waren van de 15 bollen uit 34° nog maar 2 over.

TABEL 1.

fixeer- datum	behandeling	lengte 1e scheedebl. in cm	lengte 1e loofbl. in cm	lengte bloem- geheel in cm	lengte bloem in cm	lengte Z.V.P. in cm	aantal afsplits- ingen
31 Juli	begin	4.78	1.52	0.96	0.53	0.17	3.2
20 Nov.	groep I	16 w. — $1\frac{1}{2}^{\circ}$	4.50	1.40	verdroogd	verdroogd	verdroogd
		16 w. — $\frac{1}{2}^{\circ}$	4.66	1.63	0.94	0.58	0.16
		16 w. + $\frac{1}{2}^{\circ}$	4.34	2.12	1.17	0.76	0.14
		16 w. + 5°	4.82	4.09	2.49	1.51	0.21
20 Nov.	groep II	16 w. $25\frac{1}{2}^{\circ}$	5.04	2.16	1.42	0.79	0.57
		16 w. 28°	4.95	1.77	1.18	0.68	0.29
		16 w. 31°	4.76	1.67	1.09	0.66	0.22
		16 w. 34°	4.34	1.57	0.99	0.62	0.18

Beide tabellen vertoonen veel overeenkomst: het eerste scheedeblad is alleen in $25\frac{1}{2}^{\circ}$ en 28° nog iets langer geworden, het 1e loofblad en de bloeiwijze (bloem-geheel) zijn echter duidelijk langer geworden, vooral in $+\frac{1}{2}^{\circ}$, 5° , $25\frac{1}{2}^{\circ}$ en 28° , het meest in 5° . Het zijvegetatiepunt (Z.V.P.) is

TABEL 2.

fixeer- datum	behandeling	lengte 1e scheedebl. in cm	lengte 1e loofbl. in cm	lengte bloem- geheel in cm	lengte bloem in cm	lengte Z.V.P. in cm	aantal afsplits- ingen
31 Juli 1931	begin	4.78	1.52	0.96	0.53	0.17	3.2
12Febr.'32	groep I	28 w. — $1\frac{1}{2}^{\circ}$	4.49	1.36	verdroogd	verdroogd	verdroogd
		28 w. — $\frac{1}{2}^{\circ}$	4.35	1.60	0.96	0.61	0.18
		28 w. + $\frac{1}{2}^{\circ}$	4.61	2.67	1.37	0.89	0.17
		28 w. + 5°	4.75	4.89	3.40	1.71	0.23
12Febr.'32	groep II	28 w. $25\frac{1}{2}^{\circ}$	5.31	3.61	2.44	1.43	0.93
		28 w. 28°	5.01	2.61	1.75	0.99	0.49
		28 w. 31°	4.89	2.00	1.29	0.75	0.25
		28 w. 34°	[5.51]	[1.60]	[1.09]	[0.65]	[0.19]

echter juist in $25\frac{1}{2}^{\circ}$ het grootst geworden, terwijl het aantal afsplitsingen in die temperatuur het meest is toegenomen.

Uit deze tabellen is af te leiden, dat van de lage temperaturen $-\frac{1}{2}^{\circ}$ volkomen stilstand van de strekking geeft en (evenals $+\frac{1}{2}^{\circ}$) tevens stilstand in de vorming der organen (afplitsingen van het zijvegetatiepunt) zonder dat er, althans na 28 weken, eenige beschadiging valt waar te nemen, zooals $-1\frac{1}{2}^{\circ}$ bijv. heel sterk geeft.

Van de hooge temperaturen (groep II) vertoonen zoowel 28° als 31° nog eenigen groei van de organen, terwijl 34° schadelijk blijkt te zijn.

Na 28 weken werden beide groepen, zooals reeds beschreven is, nog gedurende 10 weken bij 17° gelegd en daarna pas geplant. Het effect van deze 10 weken 17° kan men uit de volgende tabel zien.

TABEL 3.

fixeer- datum	voor-be- handeling	lengte 1e scheedebl. in cm	lengte 1e loofbl. in cm	lengte bloem- geheel in cm	lengte bloem in cm	lengte Z.V.P. in cm	aantal afsplit- singen
22April'32/	$-1\frac{1}{2}^{\circ}$	—	verdroogd	verdroogd	verdroogd	verdroogd	verdroogd
groep I	$-\frac{1}{2}^{\circ}$	—	3.84	1.58	verdroogd	0.93	5.53
	$+\frac{1}{2}^{\circ}$	—	4.35	2.19	verdroogd	0.95	$\left\{ \begin{array}{l} 5.51 \\ 5.0 + \\ \text{bloem!} \end{array} \right.$
	$+5^{\circ}$	—	a/d top verdroogd	4.48	verdroogd	0.99	$\left\{ \begin{array}{l} 6.0 \\ 4.8 + \\ \text{bloem!} \end{array} \right.$
22April'32/	$25\frac{1}{2}^{\circ}$	—	6.13	4.0	2.38	2.47	6.62
groep II	28°	—	6.10	3.71	2.21	2.17	6.08
	31°	—	5.91	3.41	1.98	0.96	5.6
	34°	—	[4.73]	[2.4]	verdroogd	[2.28]	[5.81]

Alle organen blijken vrij sterk gestrekt te zijn, zoodat in vele gevallen de „neuzen” buiten de bollen zichtbaar waren geworden; door indroging van de topeinden kon de lengte van het 1e scheedeblad niet nauwkeurig gemeten worden. Van groep I waren de bollen uit $-1\frac{1}{2}^{\circ}$ totaal verdroogd, terwijl bij de andere temperaturen van deze groep alle bloemen verdroogd bleken te zijn. Van de met $+5^{\circ}$ voor-behandelde bollen was 5 maal een nieuwe bloem gevormd in het zijvegetatiepunt, van de met $+\frac{1}{2}^{\circ}$ voor-behandelde was dit 1 maal het geval. Deze nieuwe bloemen moeten tijdens het bewaren bij 17° ontstaan zijn, ze waren dan ook nog niet volkomen klaar. Van groep II waren uit 34° nog slechts 4 bollen overgebleven. De andere voorbehandelingen van deze groep vertoonen alleen een duidelijke strekking.

Op 28 April 1932 werden uit iedere temperatuur (behalve uit $-1\frac{1}{2}^{\circ}$ en 34°) 24 bollen in 4 kistjes geplant en in een kelder van het laboratorium bij 11° geplaatst, totdat de gemiddelde neuslengte buiten den bol ± 3 cm bedroeg. Uit tabel 4 is te zien, dat deze lengte het eerst bereikt werd bij de bollen van groep II uit $25\frac{1}{2}^{\circ}$ en 31° , nl. op 24 Mei. Deze kistjes werden op 24 Mei overgebracht naar een kas van 17° ; omdat het echter niet goed mogelijk was in dezen tijd 17° in een kas te handhaven, werden op 28 Mei deze kistjes (en daarna ook andere kistjes zoodra de neuslengte ± 3 cm bedroeg) buiten ingegraven en tegen directe zon beschermd, waarbij de temperatuur van den grond, die geregeld waargenomen werd, nooit boven 20° C. kwam.

TABEL 4.

groep	voor-behandeling	geplant (1932)	neuslengte ± 3 cm	aantal dagen na het planten	1e bloem geopend	aantal dagen na het planten	totaal aantal bloem.	geen bloem.	
I	$-1\frac{1}{2}^{\circ}$	niet	—	—	—	—	—	—	niet geplant
	$-1\frac{1}{2}^{\circ}$	28 Apr.	22 Juli	85	23 Oct.	178	3	20	
	$+1\frac{1}{2}^{\circ}$	28 Apr.	22 Juli	85	11 Nov.	197	2	22	
	$+5^{\circ}$	28 Apr.	22 Juli	85	9 Oct.	164	6	15	
II	$25\frac{1}{2}^{\circ}$	28 Apr.	24 Mei	26	13 Juli	76	23	0	5 geplant niet opgekomen.
	28°	28 Apr.	26 Mei	28	13 Juli	76	21	0	
	31°	28 Apr.	24 Mei	26	13 Juli	76	23	1	
	34°	28 Apr.	—	—	—	—	—	—	

Op 13 Juli openden de eerste bloemen zich in de kistjes van groep II en zeer snel daarna ontplooiden zich ook de andere bloemen uit deze kistjes. Van de bollen van groep I werd pas veel later de neuslengte van ± 3 cm bereikt; de temperatuur in den kelder steeg gedurende deze weken langzaam en geleidelijk totdat op 22 Juli juist 13° bereikt was. Nu werden ook deze kistjes buiten op de beschaduwde plek ingegraven, tot 1 October, toen ze weer naar binnen gebracht werden in een koele kas. Op 9 October opende zich de eerste bloem van deze groep; dit moet een nieuw-gevormde bloem zijn, daar de oorspronkelijke bloemen van deze groep immers alle verdroogd waren. Zeer waarschijnlijk zijn het ook de loofblaadjes van de zijvegetatiepunten die op 22 Juli ± 3 cm bereikten. We vinden — na alle drie voor-behandelingen — bij een klein gedeelte der bollen een bloem, hoewel we bij de fixatie van 22 April in de bollen uit $-1\frac{1}{2}^{\circ}$ geen nieuwe bloem hadden gevonden. In tegenstelling met groep II waar bijna

alle bollen een goede bloem gaven, is het resultaat van groep I dus veel minder goed.

Gaan we nu de resultaten na van groep III en IV. Allereerst geeft tabel 5 ons weer een overzicht van de gemiddelde lengten der verschillende organen na 10 weken 17° (dus vóór de inwerking der 8 verschillende temperaturen) en 24 weken later, na die inwerking, terwijl ter vergelijking nog eens de lengte op 31 Juli 1931 is aangegeven.

TABEL 5.

fixeer- datum	behandeling	lengte 1e scheedebl. in cm	lengte 1e loofbl. in cm	lengte bloem- geheel in cm	lengte bloem in cm	lengte Z.V.P. in cm	aantal afsplit- singen
31 Juli '31	begin	4.78	1.52	0.96	0.53	0.17	3.2
9 Oct. '31	10 weken 17°	4.82	3.28	2.36	1.66	0.24	4.57
24 Mrt. '32	+24w. — $1\frac{1}{2}^{\circ}$	—	3.39	2.36	verdroogd	0.24	4.37
groep III	+24w. — $\frac{1}{2}^{\circ}$	—	4.43	3.36	2.15	0.29	4.93
	+24w. + $\frac{1}{2}^{\circ}$	—	4.89	3.54	2.21	0.28	4.98
	+24w. + 5°	—	6.28	4.73	2.38	0.37	5.07
24 Mrt. '32	+24w. $25\frac{1}{2}^{\circ}$	—	4.53	3.42	verdroogd	1.04	6.22
groep IV	+24w. 28°	—	4.14	3.34	„	0.69	5.54
	+24w. 31°	—	3.82	geploid	„	0.46	5.0
	+24w. 34°	—	[3.84]	[3.03]	„	[0.30]	[4.67]

Na 10 weken 17° zijn de verschillende organen al duidelijk verder uitgegroeid. Van groep III vinden we dat alleen — $1\frac{1}{2}^{\circ}$ volkomen stilstand van den groei geeft, de bloem is hier echter reeds verdroogd; — $\frac{1}{2}^{\circ}$ en + $\frac{1}{2}^{\circ}$ geven slechts weinig groei en ook bijna geen nieuwe afsplitsingen van het zijvegetatiepunt, 5° daarentegen veroorzaakt den sterksten groei, evenals bij tabel 1 en 2 was opgemerkt.

Van groep IV geeft $25\frac{1}{2}^{\circ}$ den sterksten groei van het zijvegetatiepunt met de meeste afsplitsingen, wat weer overeenkomt met de resultaten van deze temperatuur in groep II (tabel 1 en 2). Alle bloemen van groep IV waren echter op 24 Maart al verdroogd binnen de uiterlijk nog goede spatha; alleen in 31° was de spatha sterk geploid, zoodat deze niet meer te meten was. In 34° waren maar 6 bollen overgebleven, alle andere waren totaal verdroogd. Het is nu al duidelijk dat we van groep IV niet de goede resultaten te verwachten hebben, die groep II ons gaf. Uit tabel 6 blijkt dit dan

ook. Op 31 Maart werden uit iedere temperatuur (behalve uit 34°) 30 bollen in 4 kistjes geplant evenals voor groep I en II beschreven werd op blz. 725. De kistjes van groep III werden niet bij een gemiddelde neuslengte van ± 3 cm naar de kas gebracht, omdat deze bollen zoo ongelijkmatig uitgroeiden. Korten tijd later ontplooiden de eerste bloemen zich reeds.

TABEL 6.

voorbehandeling	geplant (1932)	neus- lengte ± 3 cm	aantal dagen na 't plant.	1e bloem geopend	aantal dagen na 't plant.	totaal aantal bloem.	geen bloemen	opmerkingen	
II	17° + 24 w. — 1½°	31 Mrt.	2 Mei	32	30 Mei	60	1	29	15 niet uitgelopen
	17° + 24 w. — ½°	31 Mrt.	20 April [6 cm]	20	27 Apr.	27	19	11	11 als knop verdroogd
	17° + 24 w. + ½°	31 Mrt.	20 April [5.27 cm]	20	27 Apr.	27	7	22	1 niet opgekomen 21 als knop verdroogd
	17° + 24 w. 5°	31 Mrt.	2 Mei [4 à 5 cm]	32	—	—	0	30	verdroogden onder 't uitloopen.
V	17° + 24 w. 25½°	31 Mrt.	9 Mei	39	—	—	0	30	later alles mislukt
	17° + 24 w. 28°	31 Mrt.	9 Mei	39	13 Juli	104	1	29	7 als knop verdroogd
	17° + 24 w. 31°	31 Mrt.	6 Mei	36	27 Juli	118	2	28	
	17° + 24 w. 34°	31 Mrt.	12 Mei	49	—	—	—	24	8 bij planten weggedaan 8 niet uitgelopen

Vergelijken we deze resultaten met die van groep I en II (tabel 4) dan valt het op, dat na 10 weken 17° de koude-behandeling met $-1\frac{1}{2}^{\circ}$ C (III) beter is dan de warmte-behandeling (IV), maar dat bij deze koude-behandeling toch slechts een deel der bollen een goede bloem geeft. Daarentegen is — direct na het rooien toegepast — de warmtebehandeling (II), veel beter dan koude-behandeling (I). Deze groep II geeft een zeer goeden bloei, beter dan groep III met $-1\frac{1}{2}^{\circ}$. Bovendien bloeit groep III veel te vroeg, er is bijna geen verschuiving door de behandeling gedurende 24 weken te bespeuren.

Wij kunnen hieruit dus de conclusie trekken, dat men de periodiciteit van *Narcis King Alfred* alléén goed kan verschuiven door de bollen *direct* na het rooien bij een temperatuur van $25\frac{1}{2}^{\circ}$ — 31° C te leggen. Wacht men na het rooien nog 10 weken en houdt men de bollen in dien tijd bij een gematigde temperatuur van 17° , dan kunnen de bollen geen der door ons toegepaste temperaturen meer doorstaan. Het is ons bekend, dat men in de praktijk in het najaar nog *narcissen* naar het Zuidelijk halfrond verzendt; uit onze proeven blijkt wel, hoe weinig kans men dan heeft op 100 % bloei ginds. De bollen moeten dan immers of droog bewaard worden bij de

daar heerschende zomer-temperaturen of geplant eveneens de vaak hooge temperaturen in den bodem verdragen.

Het goede resultaat van groep II was voor ons aanleiding deze proeven voort te zetten en de uitkomsten toe te passen. Een nieuwe partij van 135 *narcissen* King Alfred werd op 28 Juli 1932 bij 28° gelegd met de bedoeling deze in het volgende voorjaar naar Zuid-Afrika te verzenden. Op 6 Febr. 1933 werden 120 bollen ingepakt en in een niet-gekoeld ruim naar Kaapstad verscheept; slechts 4 bollen bleken verdroogd te zijn; 11 werden gefixeerd en geopend om den inwendigen toestand te kunnen beoordeelen en te vergelijken met dien op 28 Juli. De gemiddelde lengten van de verschillende organen vindt men in tabel 7 aangegeven, waarbij blijkt dat ook ditmaal een duidelijke maar geringe strekking kon worden waargenomen (in 6 maanden!).

TABEL 7.

fixeerdatum	lengte 1e loofbl. in cm (binnen den bol)	lengte bloem- geheel in cm	lengte Z.V.P. in cm	aantal afsplittingsen
28 Juli 1932	1.54	0.90	0.16	3
6 Febr. 1933	2.97	1.96	0.62	4.9

De bollen kwamen 11 Maart te Waverdale aan en werden er op 13 Maart uitgeplant. Eind Mei kwamen de eerste neuzen reeds boven den grond; van de 120 stuks die toegezonden werden, konden 118 geplant worden en kwamen 114 bollen op. De bloei begon op 28 Augustus, in het geheel gaven 102 bollen een flinken bloemstengel met een mooie bloem. Misses DE MOLE en KISCH van de kweekrij: Waverdale seeds and bulbs bij P. Maritzburg hebben ook deze proeven voor ons zorgvuldig uitgeplant en gecontroleerd. We hebben het resultaat van deze proef met dat van de volgende zending in tabel 9 weergegeven.

Het volgende jaar werd de proef herhaald met dezelfde variëteit King Alfred en tevens met de variëteit Bicolor Victoria; 75 bollen van elk werden op 22 Juli 1933 naar 28° gebracht en bij die temperatuur bewaard tot 23 Febr. 1934. Bij tusschentijdsche contrôle was ons gebleken dat van de variëteit Bicolor Victoria verschillende bollen geheel vergaan waren, vermoedelijk tengevolge van een aantasting door mijten. Tenslotte hielden wij van de 75 bollen 68 King Alfred en 38 Bicolor Victoria over. Zoowel bij het begin van de proef als vlak vóór het verzenden werden 5 bollen van iedere variëteit gefixeerd en geopend; de gemiddelde lengten van de organen bedroegen:

TABEL 8.

KING ALFRED					BICOLOR VICTORIA			
fixeer- datum	lengte 1e loofbl. in cm	lengte bloem- geheel in cm	lengte Z.V.P. in cm	aantal afsplit- singen	lengte 1e loofbl. in cm	lengte bloem- geheel in cm	lengte Z.V.P. in cm	Aantal afsplit- singen
22 Juli '33	1.58	0.95	0.14	3	0.92	0.67	0.14	3
20Febr.'34	2.86	1.88	0.55	4.2	1.94	1.48	0.74	5.2

Op 27 Febr. 1934¹⁾ werden de bollen (40 King Alfred en 30 Bicolor Victoria verscheept naar Kaapstad, 31 Maart kwamen ze in Waverdale aan en ze werden op 2 April geplant. Van King Alfred bleven nog 23 stuks over, die op 16 April op ons terrein uitgeplant werden, zie tabel 9. Een overzicht van de resultaten in Z.-Afrika van deze en van de vorige zending volgt in Tab. 9 met als vergelijking de bij planting in Nederland in 1932 en 1934 verkregen resultaten.

TABEL 9.

	aantal geplante bollen	plant- datum	datum v. op- komen v. d. 1e bol	aantal dagen na 't plant.	totaal opge- komen	datum 1e bloem open	aantal dagen na 't plant.	totaal aantal bloeiende bollen	opmerkingen van DE MOLE en KISCH
K.A. 1933	118	13 Mrt.	29 Mei	77	114	28 Aug.	168	102	flowers very good
K.A. 1934	40	2 Apr.	22 Mei	50	39	16 Aug.	136	39	flowers good but not as big as last year
B.V. 1934	30	2 Apr.	31 Juli	120	24	28 Aug.	148	23	very poor stunted plants and flowers
K.A. 1932 (Nederl.)	21	28 Apr.	26 Mei	28	21	13 Juli	76	21	
K.A. 1934 (Nederl.)	23	16 Apr.	21 Juni	66	22	21 Juli	96	22	

Men ziet uit bovenstaande tabel duidelijk, dat ook in Waverdale de resultaten in het eene jaar beter zijn dan in het andere, maar afgezien van Bicolor Victoria zijn de resultaten met King Alfred toch in alle gevallen zeer bevredigend. Evenals bij de verschuiving van de periodiciteit van *hyacinthen* (Mededl. N^o. 28, figuur 10) zien we, dat bij *narcissen* die in een zelfde jaar behandeld zijn (K.A. 1934) de bloei in Zuid-Afrika veel later valt dan in ons land. Daarom is het voor de beoordeeling van de mate van verschuiving, die men met een bepaalde behandeling bereikt heeft,

¹⁾ Zie nadere bijzonderheden betreffende de verscheping op blz. 731.

steeds noodig, dat de behandelde bollen in het Zuidelijk halfmond worden uitgeplant.

Dat de proef met *Bicolor Victoria* geen goede resultaten gaf, achten wij eerder toe te schrijven aan de aantasting door mijten, dan aan mindere geschiktheid van deze variëteit.

De resultaten met *King Alfred* zijn zoo gunstig, dat wij de hier gevolgde methode met gerustheid voor toepassing in de praktijk durven aanbevelen. De behandeling is dus:

de bollen van *narcissen* worden na het rooien direct bij 28° C gebracht (vochtigheid $\pm 70\%$) en daarbij bewaard tot men ze in het volgende voorjaar, bijv. eind Februari, verzenden gaat. Voor de verzending gebruikten wij geperforeerde kistjes en als verpakkingsmateriaal stof-droog turfstrooisel. Aan boord worden de kisten zoo geplaatst, dat de temperatuur niet te hoog kan worden: in het ruim van het voorschip onder de waterlijn. Bij aankomst worden de bollen het best direct geplant en ze bloeien dan 138—168 dagen (ruim 5 maanden) na het planten.

De goede resultaten met het bewaren van *narcissen* bij hooge temperatuur voor de verzending naar het Zuidelijk halfmond, waren voor ons aanleiding nog eens de mogelijkheid van het bewaren van *tulpen* en *hyacinthen* bij hooge temperaturen te onderzoeken. Wij konden vroeger reeds vaststellen (Mededl. 28, 1930) dat men voor het remmen van de ontwikkeling in plaats van lage temperaturen ook een hooge temperatuur bijv. 34° C kan gebruiken, al bleek het achteraf dat de met 34° behandelde bollen eerder in bloei kwamen dan de met koude geremde bollen. Dit was dan ook een van de redenen waarom wij aan de remming met lage temperaturen de voorkeur gaven.

Bij deze remming door koude heeft men te doen met bollen die nog volkomen in het bladafplitsend stadium verkeerden, terwijl we voor de hier beschreven proeven *narcissen*-bollen met reeds geheel gevormde bloemen gebruiken moesten. Voor een goede vergelijking lieten wij thans bij *tulpen* en *hyacinthen* na het rooien eerst de bloem zich vormen. Den eersten keer gebruikten wij een gedeelte van onze voorraad-bollen, die bij ons ieder jaar na het rooien tot begin September bij 25½° C en daarna bij 17° C liggen. Op 29 Sept. 1932 brachten wij 2 kleine partijtjes *hyacinthen* (l'Innocence) en 5 partijtjes van verschillende tulpensoorten naar 31° C, terwijl van iedere soort een 5-tal bollen gefixeerd werd om het stadium van de ontwikkeling te kunnen vaststellen. Begin Januari 1933 werden van iedere soort enkele bollen opengemaakt en daarbij bleken alle *tulpen*, die uiterlijk nog prachtig waren, binnenin totaal verdroogd te zijn. *De tulpen kunnen dus in dezen tijd* (eind September—begin Januari) *een temperatuur van 31° C niet verdragen*. De *hyacinthen* hadden deze hooge temperatuur beter doorstaan: hoewel de oorspronkelijke tros geheel of gedeeltelijk verdroogd was, bevatten alle bollen een gezonden 2en tros. Toch besloten wij deze bollen niet te verzenden naar Zuid-Afrika, maar ze

hier uit te planten. Op 5 Januari werden daarom de bollen naar $25\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ overgebracht om den 2^{en} tros gelegenheid te geven tot verdere ontwikkeling.

Op 5 April werden uitgeplant:		hiervan bloeiden goed:	terwijl niet of slecht bloeiden:
l'Inn. gehold 1925	38 stuks	32 stuks	6 stuks
l'Inn. gehold 1926	36 stuks	23 stuks	13 stuks

De bollen werden aanvankelijk met rietmatten en later, toen de neuzen zichtbaar werden (begin Juni), met latwerk tegen te sterke bestraling beschermd. Op 16 Juni begon de bloei, begin Juli werd een foto gemaakt omdat de bloei zoo opvallend mooi was, terwijl de loofbladen buitengewoon breed (tot 6 à $7\frac{1}{2}$ cm!) geworden waren.

Natuurlijk werden deze proeven in het volgende seizoen herhaald en nu met speciaal daarvoor uitgezocht materiaal, waarbij ter vergelijking nog eens de bekende koude-behandeling werd toegepast. Ook ditmaal gaf de warmte-behandeling bij de *tulpen* geen goed resultaat; wij zullen daarom hier alleen de proeven met *hyacinthen* bespreken. Wij kozen de volgende variëteiten: L'Innocence, Grand Maître en Duke of Westminster. Wij ontvingen alle bollen op 30 Juni 1933 en brachten ze volgens onze gewoonte met de voor verzending naar Indië of het Zuidelijk halfrond bestemde bollen eerst gedurende 5 dagen naar een warme kamer van 32° — 34°C (aanvulling van Mededl. N^o. 28, blz. 78 vermeld in de korte mededeeling in het Weekblad voor Bloembollencultuur van 16 Juni 1933). Op 30 Juni werden verder van iedere soort 10 bollen gefixeerd en geopend, waarbij geconstateerd kon worden, dat alle bollen nog in het blad-afsplitsend stadium verkeerden (zie tab. 10). Na het drogen bij 32° — 34° gedurende 5 dagen werden de voor de koude-behandeling bestemde bollen in een koelhuis bij 3 à 4°C bewaard. Op 20 December werden de in het koelhuis bewaarde bollen naar het laboratorium teruggebracht en voor bloemvorming bij $25\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ gelegd. Voor de warmte-behandeling werd ditmaal gekozen 28°C tot 1 October. De bloemaanleg heeft daarbij dan in een nog gunstige temperatuur in een *langzaam tempo* plaats. Daarna werd evenals in het vorige jaar 31°C gegeven om den groei nog meer te remmen. Op 15 Febr. 1934 werden zoowel van de met kou geremde als van de met warmte vertraagde bollen 5 stuks gefixeerd en geopend. Uit tabel 10 ziet men den inwendigen toestand van deze bollen vergeleken met dien bij het begin der proeven.

Van iedere behandeling werden nu 3×80 en 3×40 bollen ingepakt en op 27 Febr. 1934 per ss. Nieuwkerk naar Zuid-Afrika verzonden. De bollen werden geplaatst in een voorruim van het schip onder de waterlijn. Uit de ons toegezonden lijst van de bij het krat met de bollen opgenomen temperaturen bleek, dat gedurende de reis de temperatuur geleidelijk steeg

tot 17 Maart, om daarna weer te dalen. Als hoogste temperatuur werd waargenomen 29° C. 25 Maart kwamen de bollen te Kaapstad aan, van-

TABEL 10.

	fixeerdatum	behandeling	lengte v. h. le loofbl. in cm	aantal loofbl.	stadium of lengte v.d. tros in cm	Z. V. P.	lengte Z.V.P. in cm	Z. V. P. II
l'Innocence	30 Juni '33	begin	0.47	7.0	I			
Grand Maître	"	"	0.47	6.9	I			
Duke of Westm.	"	"	0.42	6.8	I			
l'Innocence	15 Febr. '34	{ koude 3 à 4° tot 20 Dec. '33 daarna 25½°	1.54	9.8	0.46	1 afspl. + tros	0.17	1 afspl.
Grand Maître	"		1.04	8	0.38	1 afspl. + trosje	0.14	0 afspl.
Duke of Westm.	"		0.99	8.2	0.36	1 afspl. + tros	0.24	2 afspl.
l'Innocence	15 Febr. '34	{ warmte 28° tot 1 Oct. '33 daarna 31°	2.03	6.8	0.95	1 afspl. + tros	0.45	3 afspl. + tros + ZVPIII met 1 afspl.
Grand Maître	"		1.77	6.71	1.06	1 afspl. + tros	0.60	3 afspl. + tros + ZVPIII met 2 afspl.
Duke of Westm.	"		1.57	7.0	0.87	1 afspl. + tros	0.48	3 afspl. + tros (of 5 afspl. zonder tros)

waar ze onmiddellijk doorgezonden werden naar Waverdale, waar ze 31 Maart ontvangen en 2 April geplant werden. Een overzicht van het opkomen en bloeien geeft tabel 11.

TABEL 11.

Koude- behandeling	plant- datum	aantal geplante bollen	datum v. h. opkomen d. eerste bollen	aantal dagen na 't plant.	totaal opge- komen	datum 1e bloem open	aantal dagen na 't plant.	totaal aantal bloeiende bollen	opmerkingen
l'Innocence	2 Apr.	80	12 Juni	71	80	15 Aug.	135	80	vele met 3 trossen
Grand Maître	2 Apr.	80	18 Juli	107	79	28 Aug.	148	73	meeste m. 2 trossen
Duke of Westm.	2 Apr.	80	2 Aug.	122	78	28 Aug.	148	78	zeer mooi
Warmte- behandeling									
l'Innocence	2 Apr.	40	24 Mei	52	38	19 Juni	78	38	vele met 2 trossen
Grand Maître	2 Apr.	40	5 Juli	94	38	8 Aug.	128	38	vele met 2 trossen
Duke of Westm.	2 Apr.	40	13 Juni	72	40	1 Aug.	121	40	3 minder goed

Hoewel de warm-behandelde bollen vroeger blijken te zijn dan de koud-behandelde, dus minder goed geremd, is de bloei van beide groepen zeer goed. Uit de tabel blijkt dat l'Innocence warm-behandeld het eerst bloeide, de beide andere variëteiten bloeiden na dezelfde behandeling pas in Augustus, hoewel Duke of Westminster ook vrij vroeg reeds opgekomen was. Er werd ons echter bij meegedeeld, dat het in Juli nog een tijd lang koud en vorstig was, waardoor de bloei teruggehouden werd. Dit kan ook den bloei van de koud-behandelde l'Innocence vertraagd hebben, deze bollen kwamen reeds 12 Juni op en bloeiden pas 15 Augustus.

Uit tabel 11 zal het verder opvallen, dat er bijna geen uitval is. Alleen van Grand-Maître koud-behandeld bloeiden 6 exemplaren niet, deze waren ook reeds slecht opgekomen. Van deze partijen werden na behandeling door ons in 't geheel geen bollen weggedaan. De bollen die na de verzending en de fixaties nog overbleven, werden op ons terrein uitgeplant en gaven met uitzondering van enkele bollen van Duke of Westminster allen goede bloemtrossen.

Evenals bij *narcissen* kunnen we dus ook bij *hyacinthen* de periodiciteit verschuiven door behandeling met een hooge temperatuur. Het voorschrift is: de bollen van *hyacinthen* worden na het rooien eerst bij 28° C gebracht; ± 1 October worden ze overgebracht naar 31° C en bij die temperatuur bewaard tot ze in het volgende voorjaar verzonden worden. Voor verzending en verpakking gelden dezelfde voorschriften als op blz. 730 reeds voor *narcissen* vermeld werden.

Daarnaast blijft het voor de praktijk ook zeer geschikt de periodiciteit van *hyacinthen* te verschuiven door middel van lage temperaturen (Mededl. 28, 1930).

Voor *tulpen* is tot nu toe alleen verschuiving van de periodiciteit door middel van lage temperaturen mogelijk gebleken.

Voor *narcissen* konden wij uitsluitend door toepassing van hooge temperaturen met gunstig gevolg een verschuiving van de periodiciteit bereiken.

Voor *bolirissen* is ons eveneens de exportmogelijkheid door een bewaren der bollen bij hooge temperaturen gebleken.

Wageningen, Juni 1935.

LITERATUUR.

- BLAAUW, A. H., LUYTEN, I. en HARTSEMA, A. M. 1930, Verschuiving der Periodiciteit. (Aanpassing en Export voor het Zuidelijk halfrond) Meded. N^o. 28 v. h. Labor. v. Plantenphysiol. Onderz. Verh. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam, Afd. Natuurk. 2e Sect. Dl. 26, N^o. 7.
- BLAAUW, A. H., HARTSEMA, A. M. en HUISMAN, E. 1932, Temperatuur en strekkingsperiode van de Narcis. I. Meded. N^o. 35 v. h. Labor. v. Plantenphysiol. Onderz. Proc. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam, Vol. 35, N^o. 6.
- HUISMAN, E. en HARTSEMA, A. M. 1933, De periodieke ontwikkeling van *Narcissus Pseudonarcissus* L. Meded. N^o. 38 v. h. Labor. v. Plantenphys. Onderz. Meded. Landbouwhoogeschool Dl. 37.

SUMMARY:

THE SHIFTING OF PERIODICITY BY MEANS OF HIGH TEMPERATURES.
ADAPTATION AND EXPORT TO THE SOUTHERN HEMISPHERE II.

For the purpose of checking the development of *Daffodils* it has not been found possible to use the same treatment as has been used for *Tulips* and *Hyacinths*, described in Mededeelingen N^o. 28, 1930, the reason being that in the case of the Daffodil the flower is already completely formed inside the bulb at the time of lifting from the soil.

These investigations now have shown that temperatures of $-1\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$. and 34°C . sooner or later have a detrimental effect (see tables 1 and 2. The impairing tendency can be seen after 16 weeks and becomes more pronounced after 28 weeks). A noticeable stretching of the organs was recorded at all the temperatures investigated, with the exception only of the temperature of $-1\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$., which caused all growth to come to a dead stop for a period of 28 weeks.

After the preliminary treatment of 28 weeks, the bulbs were kept for a further period of 10 weeks at 17°C . During this latter period all bulbs which had been pretreated at cold temperatures withered, although some bulbs developed a new flower in the lateral vegetation point (see table 3); this new flower even came to full bloom after the bulb had been planted out. Those bulbs, however, which had been kept at $25\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$., 28°C . and 31°C . (warm treatment) gave far better results (see table 4). When the bulbs had been previously kept during 10 weeks at 17°C ., in order to make the flower grow before the treatment, the effect of high and low temperatures was less favourable (see tables 5 and 6).

In 1932 the bulbs were kept at 28°C . and sent to South Africa during the following spring, where they flowered towards the end of August.

Up to this time the bulbs used for these experiments were exclusively those of *Narcissus pseudonarcissus* var. *King Alfred*. In 1933 a trial was made — next to this variety — with *Bicolor Victoria*; this latter variety, also pretreated at 28°C ., gave somewhat less favourable results, probably due to an attack by mites (see table 9). In general, however, the method described here may be recommended for all practical purposes in the case of *Daffodils*. Briefly this method consists of keeping the bulbs immediately after lifting at a constant temperature of 28°C . (humidity $\pm 70\%$) until the next spring (end of February), at which time they are sent to the Southern Hemisphere.

For *Hyacinths* a similar method was found and the results compared with the cold treatment. These results will be found in tables 10 and 11. The treatment used for *Hyacinths* was 28°C . until October 1st and 31°C . (humidity $\pm 70\%$) after that until shipping time. This warm treatment may be tried in practice next to the cold treatment.

Until now it has not been possible to find a suitable high temperature for the checking of *Tulips*. In this case, therefore, we are still reduced to the necessity of using the cold treatment.

J. H. GISOLF: A DEMONSTRATION EXPERIMENT CONCERNING THE USE
OF A LUMMER PLATE.

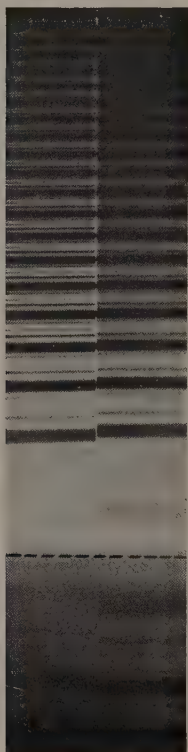


Fig. 1.

Physics. — *A demonstration experiment concerning the use of a Lummer plate.* By J. H. GISOLF. (Communicated by Prof. P. ZEEMAN.)

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

The annexed photograph exhibits the influence of the polarization of light on the sharpness of the interference fringes of a LUMMER plate. First we shall describe the manner in which it is obtained.

The light of a water-cooled mercury arc is projected on a vertical slit which is placed in the focal plane of a collimating lens. The LUMMER plate, a quartz plate 4.75 mm thick and 150 mm long, stands in the parallel beam. Between the slit and the lens is placed a calcspars rhomb, with the principal directions horizontal and vertical. The interference fringes are observed in the focal plane of an 55 cm objective. In the same plane are formed two images of the slit. The width of the slit is chosen in such a manner that the images just touch one another. The reproduction is about $2\frac{1}{2}$ times enlarged.

According to RAYLEIGH's criterion the resolving power of a diffraction grating is given by the product of the number of interfering beams and the phase difference between these successive beams.

In the photograph the place of grazing emergence is indicated by a dotted line. The first interference order in the two slit images is fairly equally sharp. In the following orders a striking difference appears.

RAYLEIGH's criterion always holds when the interfering beams are of equal intensity. For the LUMMER plate this is only the case at grazing emergence, where the intensities of all the beams tend to zero. In general the amplitudes of the interfering beams form a finite decreasing geometrical series, the ratio of two successive terms being R , if R is the reflection coefficient.

HANSEN has evaluated the resolving power for nongrazing emergence¹⁾. He chose a new criterion in closest correspondence to that of RAYLEIGH. Two lines of equal intensity at a distant $2\delta\lambda$ will just be separated when the intensity midway the maxima amounts to 0.8 of the maximum intensity. HANSEN calculated the intensity distribution in an interference fringe as a function of the reflection coefficient of the plate. The above criterion then gives the resolving power $\lambda/\delta\lambda$ as a function of R . The reflection coefficient can be calculated with the FRESNEL formulae.

In the left slit image the light is polarized with the electric vector parallel

¹⁾ G. HANSEN: *Handbuch der physikalischen Optik*, Band II, p. 199, Leipzig 1928.
W. E. WILLIAMS: *Applications of interferometry*, p. 99, London 1928.

to the plane of the LUMMER plate and in the right image perpendicular to the plate. For grazing emergence $R=1$ for either polarization. The maximum resolving power then amounts to 390000 for $\lambda 5461$. The smallest distant that can be resolved is $\delta\lambda=0.014 \text{ \AA}$. The smallest distant that is seen in the photograph amounts to $0.027 \text{ \AA}$ and is clearly resolved. In the first order $R_{\parallel}=0.96$ and $R_{\perp}=0.92$ and the resolving power remains practically equal. As is seen in the photograph, the sharpness of the following orders in the left image does not diminish very much. For the sixth order $R_{\parallel}=0.91$, which gives a resolving power of 380000. The $R_{\perp}$ on the contrary decreases very rapidly with increasing grazing angle. For the sixth order in the right image $R_{\perp}=0.71$, which gives a resolving power that is only 190000, i.e. half the former value. This explains the striking difference in sharpness.

It is evident, therefore, that a LUMMER plate has to be used in light with the electric vector parallel to the plate. For a quartz plate this is required for a second reason. The difference of refractive index for the ordinary and the extra-ordinary ray in quartz gives rise to a displacement of the interference maxima, which is visible in the photograph. When using quartz apparatus care must be taken that the collimating lens does not alter the polarization of the light. A berifringent lens can be used with the principal directions horizontal and vertical. For the near ultra violet a lens of silica can be used.

Physics. — *A Note on the β Bands of Boron Monoxide.* By A. ELLIOTT.
Physics Department. The University of Sheffield. (Communicated
by Prof. L. S. ORNSTEIN.)

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

In a recent paper on the β bands of boron monoxide, FUNKE and SIMONS (1) have reported that they were unable to observe the spin doubling which was found by the author some years ago (2). In view of the fact that FUNKE and SIMONS used a dispersion which was 30 % greater, this is somewhat surprising. It seems desirable, therefore, to publish some measurements of the doublet separations which have been made; these are given in the accompanying table. For lines whose K value is less than 53, the resolution of the spectrograph was insufficient for the doublet width to be measured satisfactorily. Fine-grained photographic plates were used in order to obtain the greatest resolution possible.

From the work of SCHEIB (3) and also of JENKINS and MCKELLAR (4) it appears that the spin doubling in the lower $^2\Sigma$ level of the α bands (which is also the lower level of the β bands) is negligible even for high

Wave-numbers and doublet separations of lines in the bands of Boron Monoxide.
Vibrational Transition 0—1.

K	R_1 branch	R_2 branch	R_1-R_2	P_1 branch	P_2 branch	P_1-P_2
53	40433.9 cm. ⁻¹	40432.6 cm. ⁻¹	1.3 cm. ⁻¹	40121.9 cm. ⁻¹	40120.9 cm. ⁻¹	1.0 cm. ⁻¹
54	408.0	406.7	1.3	090.8	089.6	1.2
55	382.1	380.9	1.2	058.8	057.7	1.1
56	355.0	353.7	1.3	*	*	
57	327.8	326.5	1.3	39994.2	39993.2	1.0
58	299.7	298.4	1.3	960.9	959.6	1.3
59	270.8	269.3	1.5	926.5	925.4	1.2
60	*	*		892.1	890.8	1.3
61	212.0	211.2	0.8	857.3	856.1	1.2
62				821.4	820.1	1.3
63	150.2	148.8	1.4	785.1	783.8	1.3
64	118.7	117.2	1.5	748.0	746.8	1.2
65	086.3	084.7	1.6	710.3	709.1	1.2
66	*	*		672.4	671.1	1.3
67	*	*		633.6	632.3	1.3
68	985.4	984.0	1.4	594.4	593.1	1.3
69	950.6	949.4	1.2	*	*	
70	915.0	913.6	1.4	514.1	512.7	1.4
71	*	*		472.6	471.3	1.3
72	842.0	840.6	1.4	430.9	429.4	1.5
73	803.6	803.1	1.5	388.5	387.2	1.3

Vibrational Transition 0—2.

K	R_1 branch	R_2 branch	R_1-R_2	P_1 branch	P_2 branch	P_1-P_2
56	38570.0 cm. ⁻¹	38568.6 cm. ⁻¹	1.4 cm. ⁻¹	38241.5 cm. ⁻¹	38240.5 cm. ⁻¹	1.0 cm. ⁻¹
57	545.2	543.5	1.7	210.5	209.2	1.3
58	518.1	516.4	1.7	178.9	177.7	1.2
59	491.2	490.0	1.2	147.3	146.2	1.1
60	463.8	462.4	1.4	114.4	113.3	1.1
61	436.2	435.0	1.2	081.1	080.2	0.9
62	407.3	406.2	1.1	047.7	046.6	1.1
63	378.6	377.4	1.2	013.4	012.2	1.2
64	*	*		37983.7	37982.2	1.5
65	318.9	317.5	1.4	943.1	941.8	1.3
66	288.1	287.1	1.0	907.5	906.0	1.5
67	256.7	255.5	1.2	871.1	869.7	1.4
68	224.8	223.3	1.5	833.6	832.3	1.3
69	*	*		796.1	794.7	1.4
70	159.2	158.1	1.1	757.8	756.3	1.5
71	125.4	123.6	1.8	719.0	717.7	1.3
72	090.8	089.3	1.5	679.6	678.4	1.2
73	056.1	054.6	1.5	639.5	638.2	1.3

* Overlaid by other lines.

K values, and hence the observed separations in the β bands must be chiefly due to doubling of the upper $^2\Sigma$ level. If the doublet separation in this level is given by the usual expression (5)

$$F_1(K + \frac{1}{2}) - F_2(K - \frac{1}{2}) = \gamma(K + \frac{1}{2})$$

then the value of γ , calculated from the results here given, is less (but probably not much less) than 0.02 cm^{-1} .

The author wishes to express his thanks to Professor L. S. ORNSTEIN, in whose laboratory at Utrecht the results here given were obtained.

REFERENCES.

1. J. FUNKE & C. F. E. SIMONS, Proc. Amst., **38**, 142, 1935.
2. A. ELLIOTT, Proc. Amst., **33**, 644, 1930, & Dissertation Utrecht, 1930.
3. W. SCHEIB, Zeits. f. Physik, **60**, 74, 1930.
4. F. A. JENKINS & A. MCKELLAR, Phys. Rev., **42**, 464, 1932.
5. W. JEVONS, Report on the Spectra of Diatomic Molecules, p. 122.

Mathematics. — *Zur Konformgeometrie. II. Anwendungen, insbesondere auf das Problem der Affinnormale.* Von V. HLAVATÝ.
(Communicated by Prof. J. A. SCHOUTEN).

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

In der vorgehenden Arbeit ¹⁾ haben wir eine eichinvariante Konnexion ausfindig gemacht, die eine K_n zur $\overset{\circ}{W}_n$ stempelt. Hier wollen wir Anwendungen dieser Theorie in Betracht ziehen. Erstens werden wir eine $X_m (m \geq 2)$ in K_n konforminvariant behandeln, zweitens benutzen wir diese Gelegenheit, um die Lösung des Problems der Affinnormale einer $X_n^{(n-1)}$ in L_n tiefer zu untersuchen.

1. In einer K_n denkt man sich eine $X_m (m \geq 2)$ gegeben. Man soll diese X_m auf ihre Eichinvarianten untersuchen. Prinzipiell lässt sich diese Frage sofort lösen: Durch das in KI geschilderte Verfahren wird K_n zu einer $\overset{\circ}{W}_n$ gestempelt. Dann lässt sich natürlich in der X_m die induzierte Konnexion aufsuchen, die diese X_m zu einer $\overset{\circ}{W}_m$ macht. Diese induzierte Konnexion wird in üblicher Weise mittels des Projektionsverfahrens konstruiert. Die Behandlung der $\overset{\circ}{W}_m$ in $\overset{\circ}{W}_n$ gibt uns dann die gesuchten

¹⁾ Zur Konformgeometrie I: Eichinvariante Konnexion. (Proc. Vol. **38**, p. 281). Diese Arbeit, von der wir auch alle hier benützten Begriffe übernehmen, soll weiter als KI zitiert werden.

Eichinvarianten, oder anders gesagt, diese Behandlung kann eichinvariant gefasst werden. Da wir diese Behandlung als bekannt voraussetzen können, werden wir sie hier nicht in extenso anführen und wollen nur zwei Bemerkungen betonen: Erstens lässt sich die X_m immer zu einer eichinvarianten $\overset{\circ}{W}_m$ machen. Darunter verstehen wir folgendes: Durch das Projektionsverfahren bekommt man in X_m einen Fundamentaltensor, der bei der Umeichung (vergl. KI Gl. (U)) mit dem (längs X_m genommenen) Faktor σ multipliziert wird. Wenn nun die in KI formulierten Bedingungen (a), (b), für m (statt für n) auch nicht erfüllt werden, wenn also die X_m keine K_m ist, so gibt uns das Projektionsverfahren immer ein Mittel, aus der X_m in $\overset{\circ}{W}_n$ eine $\overset{\circ}{W}_m$ zu machen. Zweitens gibt es auch in dieser $\overset{\circ}{W}_m$ der Begriff der Klasse (vergl. KI), der in derselben Weise definiert wird, wie in $\overset{\circ}{W}_n$ (nur muss σ längs X_m genommen werden). Diesen Tatbestand können wir dazu benutzen, um auch in der $\overset{\circ}{W}_m$ ein kovariantes Ableitungsverfahren anzugeben, in bezug auf welches die Projektion g_{ab} ($a, b, c = \dot{1}, \dots, \dot{m}$) von $g_{\lambda\mu}$ kovariant konstant ist. Man bekommt es in der üblichen Weise durch das Projektionsverfahren. Wenn man den symbolischen Vektor dieses kovarianten Ableitungsverfahrens in $\overset{\circ}{W}_m$ mit Δ'_a bezeichnet, so ist dann in der Tat

$$\Delta'_a g_{bc} = \nabla'_a g_{bc} + Q_a g_{bc} = 0 \dots \dots \dots (1,1)$$

Hier bedeutet ∇'_a den symbolischen Vektor der kovarianten Ableitung in $\overset{\circ}{W}_m$ und Q_a die Projektion von Q_λ auf X_m .

Diese Gleichung mit der Gleichung (4,5) von KI ermöglicht uns dann die Behandlung der $\overset{\circ}{W}_m$ in $\overset{\circ}{W}_n$ ganz analog dem Falle einer V_m in V_n verlaufen zu lassen.

Bemerkung: Das hier geschilderte Verfahren kann auch in dem Falle benutzt werden, dass die m -dimensionale Mannigfaltigkeit nicht holonom ist. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die $\overset{\circ}{W}_n$ in einer solchen Mannigfaltigkeit eine richtige WEYL'sche Konnexion induziert (während wir im holonomen Falle immer nur mit $\overset{\circ}{W}_m$ zu tun gehabt haben).

2. Das Problem der Affinnormale hängt mit dem untersuchten Stoff durch den Begriff der Umeichung einiger wichtigen Grössen zusammen. Aus diesem Grunde werden wir es hier auch behandeln. In einer L_n denken wir uns eine $(n-1)$ -dimensionale Mannigfaltigkeit, welche auch nicht holonom sein kann. Diese bezeichnen wir mit $X_n^{(n-1)}$. Sei t_λ ihr Tangentialvektor. Offenbar ist dann auch

$$\bar{t}_\lambda = \sigma t_\lambda \dots \dots \dots (2,1)$$

ihr Tangentialvektor, wenn σ eine, längs $X_n^{(n-1)}$ nichtverschwindende,

Ortsfunktion ist. Nur ausgehend von den gegebenen Daten des Problems, habe ich in einer früheren Arbeit ²⁾ nicht nur eine Konnexion in $X_n^{(n-1)}$ angegeben (sogenannte „eingeborene“ Konnexion), sondern auch den entsprechenden affinnormalen Vektor ausfindig gemacht, der diese Konnexion induziert. Es ist mir aber nicht gelungen, beide Begriffe unabhängig von der Umeichung (2,1) zu bestimmen: Zu jeder vorgegebenen Funktion σ gehört eine andere eingeborene Konnexion, und eine dazugehörige Richtung des affinnormalen Vektors. Hier will ich — wiederum nur von den Daten des Problems ausgehend — analoge Begriffe so bestimmen, dass sie invariant in bezug auf (2,1) ausfallen. Zu diesem Zwecke müssen wir folgendes aus I—E vorausschicken: Zu jedem gegebenen Vektorfelde n^ν , das nicht in $X_n^{(n-1)}$ liegt, lässt sich in $X_n^{(n-1)}$ eine von ihm induzierte Konnexion mit den Koeffizienten Γ_{ba}^e aufsuchen, und umgekehrt zu jeder vorgegebenen Konnexion Γ_{ba}^e in $X_n^{(n-1)}$ lässt sich ein nicht in $X_n^{(n-1)}$ enthaltenes Vektorfeld n^ν angeben, das diese Konnexion induziert:

$$\Gamma_{ba}^e = h^{de} B_d^{\nu} (D_\omega t_\lambda) (h_{ab} n^\lambda + B_a^\mu D_\mu B_b^\lambda), \quad (2,2)$$

$$n^\nu = \frac{h^{ab}}{n-1} (\Gamma_{ba}^c B_c^\nu - B_a^\mu D_\mu B_b^\nu) \quad (2,3)$$

Hier ist B_a^ν die gemischte Komponente des Einheitsaffinors der $X_n^{(n-1)}$, D_μ der symbolische Vektor der kovarianten Ableitung in L_n , $h_{ab} = B_a^\mu B_b^\lambda D_\mu t_\lambda$ hat nach Voraussetzung den Rang $n-1$ und h^{ab} berechnet sich aus $h_{ab} h^{ac} = \delta_b^c$. Bei der Umeichung (2,1) gehen die Affinoren h_{ab} , h^{ab} in

$$\bar{h}^{ab} = \sigma h_{ab}, \quad \bar{h}_{ab} = \sigma^{-1} h^{ab} \quad (2,4)$$

über, während der Vektor n^ν in

$$\bar{n}^\nu = \sigma^{-1} n^\nu \quad (2,5)$$

übergeht, so dass immer

$$n^\nu t_\nu = \bar{n}^\nu \bar{t}_\nu = 1 \quad (2,6)$$

Die mittels (2,2) definierte Konnexion ist eichinvariant (d. i. invariant

²⁾ V. HLAVATÝ, „Induzierte und eingeborene Konnexion in den (nicht) holonomen Räumen“. (Math. Ztsch. 38, 1934, 283—300). Diese Arbeit wird weiter als I—E zitiert.

³⁾ Die lateinischen Indizes durchlaufen die Symbole $\dot{1}, \dot{2}, \dots, \dot{n}-\dot{1}$. Wenn die untersuchte Mannigfaltigkeit holonom ist, und die y^a ihre Parameter sind, so ist $B_a^\nu = \partial x^\nu / \partial y^a$. Andernfalls kann man die B_a^ν als $n-1$ kontravariante Vektoren der L_n betrachten, die die nichtholonyme Mannigfaltigkeit bestimmen und einer linearen Transformation unterworfen sind. Die Schreibweise B^ν für B_a^ν betont, dass wir diese Grössen als Vektoren der L_n auffassen.

gegenüber (2,1) und das selbe gilt auch für die Richtung des mittels (2,3) definierten Vektors. (Vergl. Bem. 2 im § 4). Unter allen Konnexionen gibt es eine, die man *nur* aus den gegebenen Daten konstruieren kann

$$\overset{\circ}{I}_{ba}^e = h^{de} B_d^{\omega} B_a^{\mu} (D_{\omega} t_{\lambda}) D_{\mu} B_b^{\lambda} (2,7)$$

Bei der Umeichung (2,1) geht diese „eingeborene“ Konnexion in eine andere über

$$\overline{\overset{\circ}{I}}_{ba}^e = \overset{\circ}{I}_{ba}^e - h_{ab} h^{dc} \partial_d \log \sigma \quad \left(\partial_d = B_d^{\lambda} \frac{\partial}{\partial x^{\lambda}} \right) . . . (2,8)$$

Eliminiert man aus (2,8) die Funktion σ , so ergibt sich, dass die Koeffizienten

$$A_{ba}^e = \overset{\circ}{I}_{ba}^e - h_{ab} h^{de} \overset{\circ}{I}_{cd}^e (2,9)$$

eichinvariant sind. Dagegen bestimmen sie allgemein keine Konnexion, weil sie sich anders als Konnexionskoeffizienten transformieren.

3. Aus den Koeffizienten $\overset{\circ}{I}_{ba}^e$ werden wir aber eine Konnexion aufbauen, die zugleich eichinvariant ist. Zu diesem Zwecke bemerken wir, dass die Determinante $\mathfrak{h}$ von h_{ab} eine skalare Dichte der $X_n^{(n-1)}$ vom Gewicht 2 ist, die bei der Umeichung in

$$\overline{\mathfrak{h}} = \mathfrak{h} \sigma^{n-1} (3,1)$$

übergeht. Bezeichnet man mit $\overset{\circ}{\nabla}_a$ den symbolischen Vektor der zu $\overset{\circ}{I}_{ba}^e$ gehörigen kovarianten Ableitung, so ist also nach (2,8)

$$\frac{\overline{\overset{\circ}{\nabla}_a \mathfrak{h}}}{\overline{\mathfrak{h}}} = \frac{\overset{\circ}{\nabla}_a \mathfrak{h}}{\mathfrak{h}} + (n+1) \partial_a \log \sigma (3,2)$$

Die Elimination von $\partial_a \log \sigma$ aus (2,8) und (3,2) zeigt uns, dass die Koeffizienten

$$\boxed{\overset{\circ}{I}_{ba}^e = \overset{\circ}{I}_{ba}^e + \frac{\overset{\circ}{\nabla}_d \mathfrak{h}}{(n+1) \mathfrak{h}} h_{ab} h^{de} , ... (3,3)}$$

deren Inbegriff eine Konnexion bildet, zugleich eichinvariant sind.

Das affinnormale Vektorfeld, welches diese Konnexion induziert ist

dann mittels der Formel (2,3) gegeben. Nach (2,7) und (3,3) formt sich diese Gleichung um zu

$$\boxed{n_{\circ}^{\nu} = \frac{h^{ab}}{n-1} \left\{ B_a^{\mu} [B_c^{\nu} B_d^{\mu} h^{dc} (D_{\circ} t_{\lambda}) D_{\mu} B_b^{\lambda} - D_{\mu} B_b^{\nu}] + \frac{n-1}{n+1} B_b^{\nu} h_a \right\},} \quad (3,4)$$

wo $h_a = \frac{\nabla_a \mathfrak{h}}{\mathfrak{h}}$ gesetzt wurde. Bezeichnet man mit $\overset{\circ}{n}^{\nu}$ das Vektorfeld, welches die eingeborene Konnexion $\overset{\circ}{I}_{ba}^e$ induziert, so kann man (3,3) auch

$$\overset{\circ}{n}_{\circ}^{\nu} = \overset{\circ}{n}^{\nu} + \frac{h^{ab}}{n+1} B_b^{\nu} h_a \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3,5)$$

schreiben. Die Richtung von $\overset{\circ}{n}^{\nu}$ ist selbstverständlich eichinvariant, während der Vektor selbst bei der Umeichung mit σ^{-1} multipliziert wird. Trotzdem bleibt aber die Gleichung

$$\overset{\circ}{n}_{\circ}^{\nu} t_{\nu} = 1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3,6)$$

eichinvariant. Eine leichte Rechnung zeigt dass

$$\boxed{B_a^{\lambda} (D_{\lambda} t_{\mu}) \overset{\circ}{n}_{\circ}^{\mu} = \frac{h_a}{n+1}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3,7)$$

Die sogenannte zweite Normierungsbedingung ist also für diesen Vektor nicht erfüllt, wenn $h_a \neq 0$ ist. Die eichinvarianten Gleichungen (3,6), (3,7)⁴⁾ bestimmen eindeutig die Richtung von $\overset{\circ}{n}^{\nu}$: In der Tat, soll neben $\overset{\circ}{n}^{\nu}$ noch ein Vektor

$$\overset{\circ}{n}_{\circ}^{\nu} = \overset{\circ}{n}^{\nu} + B_c^{\nu} s^c$$

der zu (3,7) analogen Gleichung

$$B_a^{\lambda} (D_{\lambda} t_{\mu}) \overset{\circ}{n}_{\circ}^{\mu} = \frac{h_a}{n+1}$$

genügen, so ergibt sich laut (3,7)

$$B_a^{\lambda} B_c^{\mu} s^c D_{\lambda} t_{\mu} = h_{ac} s^c = 0, \quad \text{also} \quad s^c = 0.$$

4. Zusammenfassend können wir also folgenden Satz aussprechen:

Die Angabe einer $X_n^{(n-1)}$ in L_n genügt schon, um folgende

⁴⁾ Die Gleichung (3,7) ist zwar auch für $h_a = 0$ eichinvariant, die Gleichung $B_a^{\lambda} (D_{\lambda} t_{\mu}) \overset{\circ}{n}_{\circ}^{\mu} = 0$ dagegen nicht.

Begriffe ausfindig zu machen: 1. Eine Konnexion in $X_n^{(n-1)}$, die in bezug auf die Umeichung (2,1) invariant ist. 2. Eine ausserhalb $X_n^{(n-1)}$ liegende Richtung, die ebenfalls in bezug auf (2,1) invariant ist und deren Vektor die unter (1) angeführte Konnexion induziert. Die Konnexion ist mittels (2,7) und (3,3) explizit gegeben, der Vektor $\underset{\circ}{n}^v$ ist mittels (3,4) explizit bestimmt, kann aber auch als die einzige Lösung der Gleichungen (3,6) und (3,7) gegeben werden.

Bemerkung 1: Der Affinor h_{ab} ist von der Ordnung 1 in bezug auf die Ableitung von t_λ (und also im holonomen Falle von der Ordnung 2 in bezug auf die Ableitungen von x nach den Parametern der X_{n-1}). Infolgedessen sind die Konnexion $\overset{\circ}{I}_{ba}^e$ und der Vektor $\underset{\circ}{n}^v$ von der Ordnung 2 in bezug auf t_λ (und also von der Ordnung 3 in bezug auf x im holonomen Falle).

Bemerkung 2: Geht man von einem vorgegebenen Vektor n^v aus, der der Gleichung $n^\lambda t_\lambda = 1$ genügt und dessen Richtung vom Anfang an als eichinvariant vorausgesetzt wird, so ist natürlich die mittels (2,2) bestimmte Konnexion eichinvariant. Eine analoge Bemerkung gilt auch für den Vektor $\underset{\circ}{n}^v$, der mittels einer vorgegebenen, eichinvariant vorausgesetzten Konnexion durch (2,3) bestimmt wird. Die in dem oben angeführten Theoreme betrachteten Begriffe sind aber schon durch die Angabe von $X_n^{(n-1)}$ mitbestimmt, ohne dass man neue Hilfsbegriffe benutzt.

5. Zum Schluss führen wir einen Spezialfall an, in welchem eine eichinvariante Konnexion und die diese Konnexion induzierende eichinvariante affinnormale Richtung der Ordnung 2 in bezug auf x gefunden werden können. Liegt nämlich eine holonome $X_n^{(n-1)}$ mit der unsymmetrischen eingeborenen Konnexion vor, ($\overset{\circ}{I}_{[ab]}^c = 0$), so ist der Fall denkbar, dass zu dem Bivektor $h_{[ab]} = k_{ab}$ sich der Bivektor k^{ab} eindeutig so finden lässt, dass $k^{ab} k_{ab} = n-1$. Dann ist auch die Elimination von $h^{dc} \partial_d \log \sigma$ aus (2,8) möglich, und das Eliminationsresultat führt uns zu einer eichinvarianten Konnexion mit den Koeffizienten

$$\overset{\circ}{I}_{ba}^c = \frac{1}{n-1} k^{de} \overset{\circ}{I}_{[ed]}^c h_{ab}.$$

Diese Konnexion ist offenbar der Ordnung 2 in bezug auf x .

6. Neben der in (4) erwähnten Konnexion gibt es noch eine eichinvariante Konnexion derselben Ordnung in $X_n^{(n-1)}$, nämlich eine WEYL'sche mit dem Fundamental Tensor $h_{(ab)}$ und dem zugehörigen Vektor $-\frac{h_a}{n+1}$.

Prag, Oktober, 1934.

Mathematics. — *Integraldarstellungen für LOMMELSche und STRUVEsche Funktionen.* (Zweite Mitteilung)¹²⁾. Von C. S. MEIJER.
(Communicated by Prof. J. G. VAN DER CORPUT).

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

§ 4. Beweis von (12) und (13).

Ist $|\arg u| < \frac{1}{2}\pi$ und

$$\text{Max}(-\frac{1}{2}\pi, -\frac{1}{2}\pi + 2\arg u) < \tau < \text{Min}(\frac{1}{2}\pi, \frac{1}{2}\pi + 2\arg u),$$

so ist¹³⁾

$$u^{-\nu} K_{\nu}(2u) = \frac{1}{2} \int_0^{\infty e^{i\tau}} v^{-\nu-1} e^{-v-\frac{u^2}{v}} dv, \quad (32)$$

Ferner hat man¹⁴⁾, falls $|\arg \zeta| < \frac{3}{2}\pi$ und

$$\text{Max}(-\frac{1}{2}\pi, -\pi + \arg \zeta) < \sigma < \text{Min}(\frac{1}{2}\pi, \pi + \arg \zeta)$$

ist,

$$\zeta^{-k} e^{\frac{1}{2}\zeta} W_{k,m}(\zeta) = \frac{1}{\Gamma(a)} \int_0^{\infty e^{i\sigma}} t^{a-1} e^{-t} {}_2F_1\left(\frac{1}{2}-k+m, \frac{1}{2}-k-m; a; -\frac{t}{\zeta}\right) dt; \quad (33)$$

hierin ist a eine beliebige Zahl mit $\Re(a) > 0$.

Ich nehme jetzt an, dasz $|\arg z| < \pi$ und

$$\text{Max}(-\frac{1}{2}\pi, -\frac{3}{2}\pi + 2\arg z) < \tau < \text{Min}(\frac{1}{2}\pi, \frac{3}{2}\pi + 2\arg z), \quad (34)$$

also

$$-\pi < -\frac{1}{2}\pi + \tau < \pi + 2\arg z$$

und

$$-\pi + 2\arg z < \frac{1}{2}\pi + \tau < \pi$$

¹²⁾ Erste Mitteilung: These Proceedings, Vol. 38 (1935), S. 628—634.

¹³⁾ Siehe B. F., S. 183, Formel (15). Herr WATSON gibt Formel (32) nur für den Fall, dasz $|\arg u| < \pi/4$ ist, und nimmt dann $\tau = 0$. Ist $\Re(\nu) < 0$, so gilt Formel (32) auch für $u = 0$.

¹⁴⁾ Man vergl.: C. S. MEIJER, Über die Integraldarstellungen der WHITTAKERSchen Funktion $W_{k,m}(z)$ und der HANKELSchen und BESSELSchen Funktionen, Nieuw Archief voor Wiskunde (2e reeks), 18 (1934), S. 35—57 (besonders S. 36, Fußnote 3).

ist. Es gibt daher eine reelle Zahl ψ mit

$$-\pi + 2 \arg z < 2\psi < \pi + 2 \arg z, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (35)$$

$$-\pi < -\frac{1}{2}\pi + \tau < 2\psi < \frac{1}{2}\pi + \tau < \pi, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (36)$$

Aus (34) und (36) folgt nun

$$\text{Max}(-\frac{1}{2}\pi, -\frac{1}{2}\pi + 2\psi) < \tau < \text{Min}(\frac{1}{2}\pi, \frac{1}{2}\pi + 2\psi); \quad . \quad . \quad (37)$$

ebenso aus (35) und (36)

$$\text{Max}(-\frac{1}{2}\pi, -\frac{1}{2}\pi + \arg z) < \psi < \text{Min}(\frac{1}{2}\pi, \frac{1}{2}\pi + \arg z) \quad . \quad (38)$$

Nach Hilfssatz 2 gilt daher, falls $\Re(\alpha)$ und $\Re(\beta) > 0$ sind,

$$S_{\mu, \nu}(z) = \frac{4z^{\mu-1}}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \int_0^{\infty e^{i\psi}} u^{\alpha+\beta-1} K_{\alpha-\beta}(2u) \times {}_3F_2\left(1, \frac{1-\mu+\nu}{2}, \frac{1-\mu-\nu}{2}; \alpha, \beta; -\frac{4u^2}{z^2}\right) du. \quad (39)$$

Hierin genügt $\psi = \arg u$ der Bedingung (37). Mit Rücksicht auf (32) hat man also, falls $\Re(\alpha) < \Re(\beta)$ ist,

$$u^{\beta-\alpha} K_{\alpha-\beta}(2u) = \frac{1}{2} \int_0^{\infty e^{i\tau}} v^{-\alpha+\beta-1} e^{-v-\frac{u^2}{v}} dv. \quad . \quad . \quad . \quad (40)$$

Aus (39) und (40) geht jetzt hervor¹⁵⁾, falls $0 < \Re(\alpha) < \Re(\beta)$ ist,

$$S_{\mu, \nu}(z) = \frac{2z^{\mu-1}}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \int_0^{\infty e^{i\tau}} v^{-\alpha+\beta-1} e^{-v} dv \times \int_0^{\infty e^{i\psi}} u^{2\alpha-1} e^{-\frac{u^2}{v}} {}_3F_2\left(1, \frac{1-\mu+\nu}{2}, \frac{1-\mu-\nu}{2}; \alpha, \beta; -\frac{4u^2}{z^2}\right) du.$$

¹⁵⁾ Die Vertauschung der Integrationsfolge ist erlaubt; man vergl. BROMWICH, Infinite Series, § 177.

Ersetzt man hierin u durch $v^{\frac{1}{2}} t^{\frac{1}{2}}$, so findet man

$$S_{\mu, \nu}(z) = \frac{z^{\mu-1}}{\Gamma(\alpha) \Gamma(\beta)} \int_0^{\infty} v^{\beta-1} e^{-v} dv \\ \times \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} {}_3F_2 \left(1, \frac{1-\mu+\nu}{2}, \frac{1-\mu-\nu}{2}; \alpha, \beta; -\frac{4vt}{z^2} \right) dt.$$

Diese Beziehung gilt (wegen der Theorie der analytischen Fortsetzung), falls $\Re(\alpha)$ und $\Re(\beta) > 0$ sind.

Nimmt man nun $\beta = 1$ bzw. $\beta = \frac{1}{2}(1 - \mu + \nu)$, so erhält man

$$S_{\mu, \nu}(z) = \frac{z^{\mu-1}}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{\infty} e^{-v} dv \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} {}_2F_1 \left(\frac{1-\mu+\nu}{2}, \frac{1-\mu-\nu}{2}; \alpha; -\frac{4vt}{z^2} \right) dt \quad (41)$$

bzw.

$$S_{\mu, \nu}(z) = \frac{z^{\mu-1}}{\Gamma(\alpha) \Gamma(\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\mu + \frac{1}{2}\nu)} \int_0^{\infty} v^{-\frac{1}{2}(1+\mu-\nu)} e^{-v} dv \\ \times \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} {}_2F_1 \left(1, \frac{1-\mu-\nu}{2}; \alpha; -\frac{4vt}{z^2} \right) dt \quad (42)$$

(in (42) ist $\Re(\mu - \nu) < 1$). Aus (37) und (38) ergibt sich aber, da $\arg v = \tau$ ist,

$$\text{Max} \left(-\frac{1}{2}\pi, -\pi + \arg \left(\frac{z^2}{v} \right) \right) < 2\psi - \tau < \text{Min} \left(\frac{1}{2}\pi, \pi + \arg \left(\frac{z^2}{v} \right) \right);$$

Formel (12) folgt nun aus (41) und (33) (mit $k = \frac{1}{2}\mu$, $m = \frac{1}{2}\nu$, $\zeta = \frac{z^2}{4v}$ und $\sigma = 2\psi - \tau$ angewendet); ebenso Formel (13) aus (42) und (33) (mit $k = \frac{1}{4}(\mu + \nu - 1)$, $m = \frac{1}{4}(\mu + \nu + 1)$, $\zeta = \frac{z^2}{4v}$ und $\sigma = 2\psi - \tau$ angewendet).

§ 5. Integraldarstellungen für die STRUVESche Funktion.

Die STRUVESche Funktion $H_\nu(z)$ wird definiert durch ¹⁶⁾

$$H_\nu(z) = \left(\frac{1}{2}z\right)^{\nu+1} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m z^{2m}}{2^{2m} \Gamma(\frac{3}{2} + m) \Gamma(\frac{3}{2} + \nu + m)} \cdot \quad (43)$$

¹⁶⁾ Siehe B. F., S. 328.

Ferner setze ich, wie üblich,

$$\mathbf{L}_\nu(z) = \left(\frac{1}{2}z\right)^{\nu+1} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{z^{2m}}{2^{2m} \Gamma\left(\frac{3}{2} + m\right) \Gamma\left(\frac{3}{2} + \nu + m\right)}. \quad (44)$$

Nun folgt aus (2), (1) und (43)

$$\mathbf{H}_\nu(z) - Y_\nu(z) = \frac{2^{1-\nu}}{\Gamma\left(\frac{1}{2} + \nu\right) \Gamma\left(\frac{1}{2}\right)} S_{\nu, \nu}(z). \quad (45)$$

Wegen (5) gilt also

$$\mathbf{H}_\nu(z^2) - Y_\nu(z^2) = \frac{2^{1-\nu} \cos \nu \pi}{\pi^{\frac{1}{2}}} \Phi_{\nu, \nu}(z). \quad (46)$$

Weiter hat man ¹⁷⁾

$$2i J_\nu(\zeta) \cos \nu \pi = e^{\nu \pi i} Y_\nu(\zeta) - Y_\nu(\zeta e^{-\pi i}),$$

somit

$$\begin{aligned} 2i I_\nu(\zeta) \cos \nu \pi &= 2i e^{-\frac{1}{2}\nu \pi i} J_\nu(\zeta e^{\frac{1}{2}\pi i}) \cos \nu \pi \\ &= e^{\frac{1}{2}\nu \pi i} Y_\nu(\zeta e^{\frac{1}{2}\pi i}) - e^{-\frac{1}{2}\nu \pi i} Y_\nu(\zeta e^{-\frac{1}{2}\pi i}). \end{aligned}$$

Aus (43) und (44) ergibt sich aber

$$2i \mathbf{L}_\nu(\zeta) \cos \nu \pi = e^{\frac{1}{2}\nu \pi i} \mathbf{H}_\nu(\zeta e^{\frac{1}{2}\pi i}) - e^{-\frac{1}{2}\nu \pi i} \mathbf{H}_\nu(\zeta e^{-\frac{1}{2}\pi i}).$$

Folglich gilt

$$\begin{aligned} 2i \{I_\nu(\zeta) - \mathbf{L}_\nu(\zeta)\} \cos \nu \pi &= e^{-\frac{1}{2}\nu \pi i} \{ \mathbf{H}_\nu(\zeta e^{-\frac{1}{2}\pi i}) - Y_\nu(\zeta e^{-\frac{1}{2}\pi i}) \} \\ &\quad - e^{\frac{1}{2}\nu \pi i} \{ \mathbf{H}_\nu(\zeta e^{\frac{1}{2}\pi i}) - Y_\nu(\zeta e^{\frac{1}{2}\pi i}) \}. \end{aligned} \quad (47)$$

Aus den Beziehungen (6) bis (13) (inkl.) kann man nun mit Hilfe von (45) und (46) Integraldarstellungen für $\mathbf{H}_\nu - Y_\nu$ ableiten; mittels (47) findet man dann Integrale für $I_\nu - \mathbf{L}_\nu$. Einige so gefundenen Beziehungen sind besonders erwähnenswert. Man hat nämlich wegen (3)

$$\varphi_{-\lambda-1, \lambda}(\nu) = \frac{\nu^{-2\lambda}}{2^{-3\lambda}} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m \nu^{4m}}{2^{4m} \Gamma(1+m) \Gamma(1-\lambda+m)} = 2^\lambda J_{-\lambda}\left(\frac{1}{2}\nu^2\right). \quad (48)$$

Aus (46), (6) und (48) folgt also, falls $|\arg z| < \frac{1}{2}\pi$ und $\Re(\nu) < \frac{1}{2}$ ist,

$$\mathbf{H}_\nu(z^2) - Y_\nu(z^2) = \frac{4 \cos \nu \pi}{\pi} \int_0^\infty J_{-\nu}\left(\frac{1}{2}v^2\right) K_{2\nu}(2^{\frac{1}{2}}zv) v dv;$$

¹⁷⁾ Siehe B. F., S. 75, Formel (3) mit $m = -1$.

ebenso aus (46), (7) und (48)

$$H_\nu(z^2) - Y_\nu(z^2) = \frac{2^{3/2} \cos \nu \pi}{\pi z} \int_0^\infty J_{-\nu-1}(\tfrac{1}{2} v^2) K_{2\nu+1}(2^{1/2} z v) v^2 dv$$

(wo $|\arg z| < \tfrac{1}{2} \pi$, $\Re(\nu) < 0$ ist) und schliesslich aus (46), (10) und (48)

$$\left. \begin{aligned} H_\nu(z^2) - Y_\nu(z^2) = \\ = \frac{2^{\nu+2} z^{2\nu} \cos \nu \pi}{\pi^{3/2}} \int_0^\infty J_{\nu-\frac{1}{2}}(\tfrac{1}{2} v^2) K_{2\nu}(z v e^{\frac{1}{2} \pi i}) K_{2\nu}(z v e^{-\frac{1}{2} \pi i}) v^{2-2\nu} dv \end{aligned} \right\} (49)$$

(wo $|\arg z| < \tfrac{1}{2} \pi$, $|\Re(\nu)| < \tfrac{1}{2}$ ist).

Nun ist ¹⁸⁾

$$e^{-\frac{1}{2} \lambda \pi i} K_\lambda(w e^{-\frac{1}{2} \pi i}) = \tfrac{1}{2} \pi i H_\lambda^{(1)}(w) \quad . \quad . \quad . \quad (50)$$

und

$$e^{\frac{1}{2} \lambda \pi i} K_\lambda(w e^{\frac{1}{2} \pi i}) = -\tfrac{1}{2} \pi i H_\lambda^{(2)}(w), \quad . \quad . \quad . \quad (51)$$

also

$$e^{-\frac{1}{2} \lambda \pi i} K_\lambda(w e^{-\frac{1}{2} \pi i}) - e^{\frac{1}{2} \lambda \pi i} K_\lambda(w e^{\frac{1}{2} \pi i}) = \pi i J_\lambda(w) \quad . \quad . \quad . \quad (52)$$

Aus (47) (mit $\zeta = z^2$), (49) und (52) (mit $\lambda = 2\nu$ und $w = z v$) ergibt sich somit, falls $|\arg z| < \tfrac{1}{4} \pi$ und $\Re(\nu) > -\tfrac{1}{2}$ ist ¹⁹⁾,

$$I_\nu(z^2) - L_\nu(z^2) = \frac{2^{\nu+1} z^{2\nu}}{\pi^{1/2}} \int_0^\infty J_{\nu-\frac{1}{2}}(\tfrac{1}{2} v^2) K_{2\nu}(z v) J_{2\nu}(z v) v^{2-2\nu} dv. \quad (53)$$

Der Spezialfall mit $\nu = 0$ von (53) ist schon von S. C. MITRA ²⁰⁾ gegeben worden.

¹⁸⁾ Für (50) vergl. man B. F., S. 78, Formel (8). Ferner gilt (siehe B. F., S. 75, Formel (5) mit $m=1$) $e^{\lambda \pi i} H_\lambda^{(1)}(w e^{\pi i}) = -H_\lambda^{(2)}(w)$; hieraus und aus (50) folgt (51).

¹⁹⁾ Formel (53) gilt wegen (47), (49) und (52) für $|\Re(\nu)| < 1/2$. Die rechte Seite von (53) ist aber konvergent für $\Re(\nu) > -1/2$. Aus der Theorie der analytischen Fortsetzung folgt also, dass (53) gilt, falls $\Re(\nu) > -1/2$ ist.

²⁰⁾ Bulletin of the Calcutta Mathematical Society, 25 (1933), S. 85.

Ich werde jetzt noch zeigen, dass $I_\nu(z^2) - L_\nu(z^2)$ die folgenden Integraldarstellungen besitzt:

$$I_\nu(z^2) - L_\nu(z^2) = \frac{4}{\pi} \int_0^\infty K_\nu(v^2) J_{2\nu}(2zv) v dv \quad . \quad . \quad . \quad (54)$$

und

$$I_\nu(z^2) - L_\nu(z^2) = \frac{4}{\pi z} \int_0^\infty K_{\nu+1}(v^2) J_{2\nu+1}(2zv) v^2 dv \quad . \quad . \quad . \quad (55)$$

In diesen Beziehungen sind ν und $\arg z$ beliebig.

Beweis von (54). Ich setze in die rechte Seite von (54) für $J_{2\nu}(2zv)$ die Potenzreihe

$$(zv)^{2\nu} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n (zv)^{2n}}{\Gamma(1+n) \Gamma(1+2\nu+n)}$$

ein und integriere gliedweise ²¹⁾. Wegen ²²⁾

$$\int_0^\infty K_\nu(v^2) v^{2\lambda+1} dv = 2^{\lambda-2} \Gamma(\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2}\lambda - \tfrac{1}{2}\nu) \Gamma(\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2}\lambda + \tfrac{1}{2}\nu)$$

erhalte ich dann

$$\begin{aligned} \frac{4}{\pi} \int_0^\infty K_\nu(v^2) J_{2\nu}(2zv) v dv &= \frac{2^\nu z^{2\nu}}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-2)^n z^{2n} \Gamma(\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2}n) \Gamma(\tfrac{1}{2} + \nu + \tfrac{1}{2}n)}{\Gamma(1+n) \Gamma(1+2\nu+n)} \\ &= (\tfrac{1}{2} z^2)^\nu \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n z^{2n}}{2^n \Gamma(1 + \tfrac{1}{2}n) \Gamma(1 + \nu + \tfrac{1}{2}n)} \\ &= (\tfrac{1}{2} z^2)^\nu \sum_{m=0}^{\infty} \frac{z^{4m}}{2^{2m} \Gamma(1+m) \Gamma(1+\nu+m)} - (\tfrac{1}{2} z^2)^{\nu+1} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{z^{4m}}{2^{2m} \Gamma(\tfrac{3}{2}+m) \Gamma(\tfrac{3}{2}+\nu+m)} \\ &= I_\nu(z^2) - L_\nu(z^2). \end{aligned}$$

Hiermit ist Formel (54) bewiesen.

Der Beweis von (55) geht auf analoge Weise.

²¹⁾ Gliedweise zu integrieren ist erlaubt; siehe BROMWICH, Infinite Series, § 176.

²²⁾ Man vergl. B. F., S. 388, Formel (8).

Mathematics. — *Richtigstellung einiger Anzahlen von biquadratischen Raumkurven erster Art.* Von J. W. A. VAN KOL. (Communicated by Prof. Hk. DE VRIES).

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

§ 1. Herr J. A. TODD ¹⁾ hat die Bemerkung gemacht, dass einige vom Verfasser dieser Mitteilung bestimmten Anzahlen biquadratischer Raumkurven erster Art ²⁾ unrichtig sind. Er ist der Meinung, dass bei der Ableitung dieser Anzahlen vier Geraden, welche "improper quadric intersections" abbilden, ausser Betracht gelassen sind. Es wird sich zeigen, dass nicht nur vier Hauptgeraden, sondern auch acht singuläre Punkte dritten Ranges unberücksichtigt gelassen wurden. Wir werden nun unsere frühere Mitteilung, worauf oben hingewiesen ist, verbessern. In jedem der folgenden Paragraphen wird der Paragraph mit der gleichen Zahl richtiggestellt oder ergänzt.

§ 2. Das vierfach unendliche System der biquadratischen Raumkurven k^4 erster Art, welche durch vier gegebene Punkte $A_1, \dots, A_4$ gehen, eine gegebene Gerade a zweimal und zwei gegebene Geraden a_1 und a_2 je einmal treffen, enthält ∞^3 Ausartungen, welche aus einer kubischen Plankurve und einer Gerade bestehen, welche diese Kurve in einem Punkt trifft. Es gibt ∞^3 kubische Plankurven, welche durch A_2, A_3 und A_4 gehen und a, a_1 und a_2 treffen und jede dieser Kurven wird von zwei Geraden, welche sie und a treffen und durch A_1 gehen, zu zwei ausgearteten Kurven k^4 ergänzt. Dieses System von ∞^3 ausgearteten Kurven k^4 bildet sich ab auf eine Hauptgerade h'_1 , welche a_1 und a_2 trifft.

Es gibt also ausser den vier Hauptgeraden h_μ noch vier Hauptgeraden h'_μ , welche a_1 und a_2 treffen; jeder Punkt von h'_μ ist das Bild eines Systems von ∞^2 ausgearteten Kurven, das aus einer bestimmten Gerade und einem speziellen Netz von kubischen Plankurven, welche diese Gerade treffen, besteht.

Es gibt weiter ∞^3 kubische Plankurven, welche durch A_2, A_3 und A_4 gehen und a, a_1 und die durch A_1 gehende Transversale von a und a_2 treffen. Sie werden von dieser Transversale zu ∞^3 ausgearteten Kurven k^4 ergänzt. Das Bild dieses Systems ist ein singulärer Punkt dritten Ranges S_{12} .

Es gibt also acht singuläre Punkte dritten Ranges $S_{\mu\nu}$ ($\mu = 1, \dots, 4$; $\nu = 1, 2$); jeder dieser Punkte ist das Bild eines Systems von ∞^3 aus-

¹⁾ Proc. Camb. Phil. Soc. 27 (1931), 538.

²⁾ Diese Proceedings 32, 495.

gearteten Kurven k^4 , das aus einer bestimmten Gerade und einem speziellen Gebüsch von kubischen Plankurven, welche diese Gerade treffen, besteht.

§ 4. Die Geraden h'_μ haben mit der Fläche O_P keinen Punkt gemein und die Punkte $S_{\mu\nu}$ liegen nicht auf O_P .

§ 5. Die Fläche O_b hat mit h'_μ einen Punkt gemein, aber erhält $S_{\mu\nu}$ nicht.

§ 6. h'_μ sind einfache Geraden und $S_{\mu\nu}$ einfache Punkte im Raume Ω_1 .

§ 7. h'_μ sind einfache Geraden und $S_{\mu\nu}$ einfache Punkte auf der Fläche O_{lm} . Die Schnittkurve 48. Ordnung von O_{lm} mit α_i hat einfache Punkte in $\alpha_i h'_\mu$.

§ 8. Das System der Kurven k^4 , welche drei gegebene Geraden l, m und n treffen, wird abgebildet auf eine Kurve k_{lmn} 252. Ordnung, welche mit d 96, mit α_i 204, mit h_μ 16 und mit h'_μ 5 Punkte gemein hat und einfache Punkte in $S_{\mu\nu}$ hat.

K_{lmn} trifft Ω_o ausser singulären und Hauptpunkten in 540 Punkten.

Es gibt also 540 Kurven k^4 , welche vier gegebene Geraden l, m, n , und o treffen.

$$\begin{array}{lll}
 \S 9. & P^4 B^2 \nu^4 = 92 & P^4 B \nu^6 = 540 & P^4 T \nu^5 = 312 \\
 & P^4 B^2 \nu^3 \varrho = 272 & P^4 B \nu^5 \varrho = 1592 & P^4 T \nu^4 \varrho = 928 \\
 & P^4 B^2 \nu^2 \varrho^2 = 800 & P^4 B \nu^4 \varrho^2 = 4672 & P^4 T \nu^3 \varrho^2 = 2752 \\
 & P^4 B^2 \nu \varrho^3 = 2336 & P^4 B \nu^3 \varrho^3 = 13632 & P^4 T \nu^2 \varrho^3 = 8128 \\
 & & P^4 B \nu^2 \varrho^4 = 39488 &
 \end{array}$$

Herr TODD gibt in seiner obengenannten Mitteilung ebenfalls die Anzahl 92; die übrigen Anzahlen bestimmt er nicht.

Botany. — *Coleoptile Growth as Affected by Auxin, Aging and Food.*
By F. W. WENT. (WILLIAM G. KERCKHOFF Laboratories, California
Institute of Technology, Pasadena).

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

1. *The original theory.*

The conception of growth in *Avena* originally advocated in my dissertation (WENT 1928) was that auxin is formed in the tip of the coleoptile, transported downwards, and while producing growth is being used up, so that an auxin deficiency in the basal regions causes their growth to drop and eventually to stop. The decrease in growth rate of the regions nearest the tip had to be explained in a different way, and a number of facts led me to draw the conclusion that this is due to limitation by another factor, which has to cooperate with auxin to cause growth, and which comes from the seeds or roots. This factor was called "Zellstreckungs Material", Z.S.M., and will be called in this paper "food factor". Eight years ago this seemed to be an adequate explanation of the facts known, but since then our knowledge of growth has considerably increased and a number of facts have been discovered not fitting into this scheme. The object of the present paper is to reconsider the problem, especially experimentally.

2. *Objections to the outlined theory.*

The maximum angle, that is the maximum curvature which can be obtained within 110 minutes by placing agarblocks with auxin unilaterally on coleoptile stumps, was considered to be due to limitation of the growth rate of the side supplied with auxin by the food factor (WENT 1928). However, DU BUY and NUERNBERGK (1930) proved that this maximum angle was caused by a sideways "leaking" of the auxin after a certain concentration was reached. Later, however, THIMANN and BONNER (1933) were able to show that in the case of the effect of auxin on straight growth the latter is limited in the same way as the auxin curvature so that beyond a certain amount of auxin no increase in growth can be obtained. Here the food factor, ruled out by DU BUY and NUERNBERGK, again becomes apparent.

WEBER (1931) in experiments with geotropic curvatures in which especially the reactions of the various zones are investigated also comes to the conclusion that growth cannot be explained by my two factor scheme.

In 1933 DU BUY published a number of experiments throwing more light on the interrelation of the factors determining growth in the coleoptile

of *Avena*. No new evidence in regard to the postulated food factor was obtained, but a new factor, the aging of the cells, was recognised. He was able to show that the growth rate, irrespective of the auxin concentration, will decrease when the cells become older. The old cells of the base of the coleoptile hardly respond at all to a given auxin supply, whereas the cells of the rapidly elongating region near the tip will do so. This aging can be produced experimentally by limiting the supply of auxin to the cells. It seems that the stopping of growth of the lower zones of coleoptiles is due to aging rather than to a depletion of the auxin; this aging, however, can be caused by a relative decrease in the concentration of the auxin in those lower zones. All these facts are fully discussed by DU BUY.

According to JOST (1935) the final disproval of my theory of the limitation of the growth of the lower zones by auxin was given by the determinations of THIMANN (1934), which show that the auxin concentration in the lower zones does not fall to zero, but that it is present there, even in not growing zones, in appreciable amounts. Still THIMANN and BONNER (1935), like previous authors, come to the conclusion that auxin is being used up during growth.

Finally, if we consider that in specially designed experiments (unpublished) neither DOLK nor myself could get any direct evidence for the existence of the food factor, it must seem that my growth theory as outlined above, even with the amendment of DU BUY, has failed completely. This negative state of affairs cannot be considered satisfactory, and therefore the present paper represents an attempt to bring as many facts as possible together and to reconsider the problem.

3. *Experimental procedure.*

All following experiments have been carried out in a darkroom kept at 25° C. and 85 % humidity, red or orange light being used for the observations. *Avena* seedlings, germinated and raised under standard conditions in the glass holders, are marked with tiny dots of india ink, the length of the marked zones depending on the type of experiment. As the growth of each zone has to be followed over a number of successive periods, and the growth rate is changing continuously, no importance was attached to marking zones of constant length. The growth rate has been marked on the graphs with the actual distance from the tip at the beginning of each growth period as abscissa. If the growth of two coleoptiles has to be compared, it is first recorded graphically and then the two graphs are compared. This can be done graphically by interpolation of the growth rates at distances 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28 and 32 mm from the tip. In the graphs the growth rate is recorded as per cent increase in length per hour, as a point in the geometrical centre of the zone.

In all cases the length of the zones has been measured with a horizontal microscope with a magnification of 10 times linear and an accuracy of one

hundredth of a millimeter. The obtained accuracy is far above the one obtainable with a film camera (NUERNBERGK and DU BUY 1930).

Auxin was applied in all cases in the form of a paste of β -indolyl acetic acid (hetero-auxin). The original paste contained about 10 mg crystalline hetero-auxin per gram pure lanolin (paste 1) and a number of dilutions were made ($1/4$, $1/16$, $1/64$, $1/256$, $1/1024$), all being kept in the ice box without loss of activity. The diffusion out of lanolin is exceedingly slow, so that these enormous concentrations have to be used in order to obtain an excess of auxin inside the coleoptile. Dr. VAN OVERBEEK was kind enough to inform me, that an auxin paste $1/64$ increases the amount of auxin transported inside a plant about 4 times. The application always is by adding approx. 1 mg of paste to the extreme tip of the coleoptile. There is no reason to assume that the heteroauxin acts differently from the auxin a present in the coleoptile under normal conditions.

4. *Considerations about aging.*

First we will consider the aging factor as far as we can draw the facts from the literature.

The explanation of the aging is given by the experiments of HEYN (1931, 1933, 1934) and of BONNER (1934). HEYN proved that the final effect of auxin is on the cell wall, which is made more plastic by it. However, in addition the elasticity is somewhat lowered (HEYN and VAN OVERBEEK 1931). Nevertheless the main changes in elasticity after the action of auxin are considered to be the result of growth rather than the cause of it because it only occurs when cells are allowed to elongate under the influence of auxin. When cells are not growing their elasticity decreases, unless they are kept at 0° C. At that temperature auxin will cause an increased plasticity without changing the elasticity. Thus plasticity and elasticity are proved to be independent characteristics of the cell wall. The following mental picture explains the observed phenomena. Growth is a dual phenomenon: in the first place we find a continuous stretching of the cell wall due to sliding of the pre-existent cell wall particles along each other; this phenomenon is influenced by auxin, causing the cell walls to become thinner and weaker. At the same time new layers of cell wall are laid down inside the outer walls. Both processes go on at the same time inside the cell wall.

BONNER (1934) brought other experimental evidence that we have to distinguish between the two types of cell wall growth: 1 the growth in length and 2 the growth in weight. At 25° C. with adequate auxin supply the elongation and increase in weight of the cell walls of coleoptile sections are balanced, both going on at the same rate. If those sections are placed at 1° C. the elongation proceeds while the increase in weight is stopped. On the other hand it is possible to increase the weight beyond the rate of elongation. SÖDING (1934), basing himself on rather scant experimental evidence, comes to a completely different conclusion: growth in length of the cell wall is caused by active intussusception of new particles, and this

process is influenced by auxin. The very few experiments of SÖDING not in accordance with the theory outlined above, are not able to offset the interesting paradox: growth in weight (in dry matter) is opposed to growth in length. This completely explains aging: if cell wall formation and elongation keep each other in equilibrium, the growth rate will remain constant. If, due to lack of auxin, elongation is checked, cell wall formation will go on, making the cell wall stiffer and less reactive to auxin. Or in one word, the cells age.

5. *Why do the basal zones stop their growth?*

As we know that auxin is used up in growth (THIMANN and BONNER 1935) and that the auxin concentration really falls towards the base of a coleoptile (THIMANN 1934) it is clear that beyond a certain distance from the tip the aging of the cells must start. Only when the coleoptiles are very short, so that the decrease in auxin concentration towards the base is insignificant, the aging does not occur (curve *a*, figure 10 in WENT 1928), but starting from a given length aging of the lower cells will set in, and once it starts it goes on at an increased rate. In the zones where aging occurs the growth rate x of a given zone in a given hour will depend on the growth y of the same zone in the previous hour as follows

$$x = -0.50 + 0.96 \cdot y \text{ (expt 25 V 35)}$$

if x and y are expressed in % elongation per hour.

The auxin concentration in the lower zones will drop still further towards the base, but the aging gets ahead and so the lower zones stop growing before the auxin concentration has become 0. What will happen if we increase the auxin concentration in those not growing zones? I published earlier an experiment (WENT 1928, page 69) in which auxin was applied to those not growing lower zones. They immediately resumed growth, though slowly. In view of the above mentioned criticisms the experiment has been repeated with more plants and longer periods of observation. Table I shows the result of the most striking experiment. The growth of a few basal zones of 3—6 mm is being followed over two periods of 8 hours, and one of 2 hours. After that period the growing upper parts are cut off (or left in a few controls) and auxin is applied to part of them. The resulting growth is measured in four consecutive periods of 12 hours each. In all cases there is a slight shortening of the measured zone during the 2-hour period, which always occurs at the end of the growth period of each cell (see WENT 1928, p. 88). The division of the plants into four groups is completely at random. Group I is left intact. Group II is decapitated just above the not growing zones and the primary leaf is pulled out. Group III is decapitated as group II, the primary leaf pulled out and auxin paste 1 is put on the cut surface. Group IV is the same as group III except for the fact that the primary leaf is not pulled out. The result is very convincing. Groups I and II are almost alike: no growth occurs once it has stopped. The shortening even goes on. This means that the stopping of growth

really means the end of the growth period in the normal or the decapitated plant. In group III growth is resumed due to the auxin application, proving that there exists auxin hunger in the not growing cells. Still more interesting is the fact that this growth does not drop off rapidly, but instead increases and remains constant for almost a day, and finally drops off again. If we

TABLE 1.

Expt 20 V 35. Growth rate in % per 10 hours of the zone which just has stopped its growth after the second period of observation. Auxin paste 1 applied to group III and IV at end of 2-hour period.

Successive periods of		8 hrs	8 hrs	2 hrs	12 hrs	12 hrs	12 hrs	12 hrs
	Treatment							
I	Control + leaves not decapitated	27.4	3.9	-0.25	0.05	0	-0.3	0.05
II	Control — leaves decapitated	33.5	7.0	-0.8	0.1	-0.1	-0.4	0
III	No leaves, with auxin, decapitated	29.7	7.2	-0.1	0.54	1.30	1.1	0.33
IV	With leaves, with auxin, decapitated	37.2	9.6	-0.5	0.2	0.2	0	0.2

only consider the first 36 hours after decapitation (perhaps afterwards the auxin supply from the paste drops off), we can draw the conclusion, that no further aging takes place as long as the auxin supply is excessive. This gives further support to DU BUY's theory that aging is due to inadequate auxin supply, and that it is not primarily caused by the time factor itself. We even observe the opposite phenomenon, rejuvenation, for the growth rate is increasing during the action of the excess auxin for a period over 12 hours long. Nevertheless the growth rate of normal young cells is by no means reached. It is interesting to note that these cells have been growing two days longer than they would have done under normal conditions.

Group IV does show some growth, but very little compared with III. In this case the leaf is present and apparently inhibits the growth of the coleoptile. As we will see later this probably is due to a competition for food. The case seems comparable with the thickening of the coleoptile when decapitated, if the primary leaf is pulled out (DU BUY 1933). This also has been ascribed to better nutrition.

In the experiments on the growth of the basal zones it is clear that no other known factor will limit it except auxin and aging. As the growth is so exceedingly slow the food factor does not come into the picture, except where the leaf is present. How is this in the zones nearer the tip?

6. Reaction of an intact plant to excess of auxin.

As the condition of each cell in the coleoptile is different as far as aging, auxin and food factor is concerned, we must differentiate as far as possible, which makes the picture rather complicated. A three dimensional diagram is the nearest possible approximation.

A coleoptile is marked into zones of 3—4 mm length by means of india ink droplets. The elongation of each zone is followed by measuring its length every hour. In this way not only the distribution of the growth rate over the whole length of the coleoptile, but also its change with time is recorded. Thus the effect of application of excess auxin to the tip can be followed, as seen in figure 1. The curves in the plane of the paper

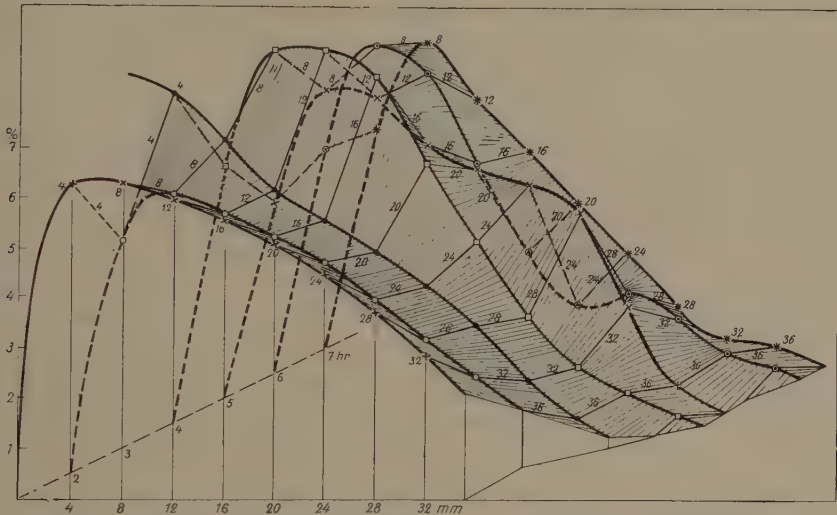


Fig. 1. Change of growth distribution in a coleoptile after application of auxin after 2nd hour. Ordinate: growth rate in % per hour. Abscissa: zones in mm from the tip. Third axis: time in hours.

represent the growth distribution in the coleoptile in a given hour. The ordinate shows the growth rate in % elongation per hour, the abscissa the zones at 4 mm distance each, the tip always at the zero point. The time factor is represented on the third axis perpendicular to the plane of the paper and the growth distribution curves for the consecutive hours are spaced along that axis. The points on these curves corresponding with the 4, 8, 12 etc. mm zones are connected by lines in the plane of the time axis and ordinate, representing the change in growth rate of each zone with time.

The first two hourly periods represent the normal growth, which is falling off equally in all zones during the second hour. At the end of the second period heteroauxin paste 1 is put on the tip of the intact plant. In the next hour the upper 10 mm of the coleoptile has considerably increased its growth rate, compared with the second hour, but the lower

zones are still growing at their normal rate. In the 4th hour the growth of the highest 5 mm drops again to normal, but all lower zones down to about 25 mm increase their growth rate. In the 5th hour the wave of increased growth moves further down. In the 6th hour the growth wave can still be distinguished at 25—40 mm from the tip, while in the 7th hour the growth distribution seems normal again, except for the fact that all zones are growing faster than in normal coleoptiles.

A similar reaction is obtained when an auxin paste of lower concentration ($1/4$, $1/16$) is applied. The growth wave moves downward at approximately the same rate. As the description takes much space and nothing materially new is encountered, we can draw conclusions from the described reaction without fear of considering an exceptional case.

The first conclusion to be drawn is: in the intact plant the auxin moves at almost exactly the same rate as VAN DER WEY (1932) calculates for the auxin transport in cut cylinders of coleoptiles.

Secondly it seems that under normal conditions the auxin concentration limits the growth rate over practically the whole length of the coleoptile, because all zones are responding to an excess of auxin with a growth increase. It seems moreover that the percentage growth increase is approximately the same for all zones, indicating that the other growth factors, in this case the food factor, is present everywhere in about the same excess. In this respect it is perhaps still more interesting that the growth increase, ranging from 30—70 %, is followed by a growth decrease before it reaches a more or less constant level. This is typical for a growth response. E.g. a light growth response in *Avena* is generally a growth decrease followed by an increase. According to some authors, e.g. VAN DILLEWYN (1927), the first growth decrease is due to the change darkness-light whereas the increase is caused by the transition light-darkness, so that the combination of growth decrease and increase is not organic, but each of them a definite reaction. In the case of the growth response to excess auxin, described above, we know that but one factor has been changed, and that the growth increase as well as the subsequent decrease both are due to the high auxin concentration. Thus my conclusion is, that a growth acceleration inevitably is followed by, because it causes, a growth retardation, acceleration and subsequent retardation being one single growth response.

For an explanation of this behavior I offer essentially the same as DOLK (1930) gave for the autotropism: the total available amount of the food factor is limited. The excess of auxin uses up all there is for the moment, leaving a shortage, which causes the growth to drop below the original level. To me it seems that this typical growth response is another proof of the existence of a second growth factor, not identical with aging, which never could explain a growth wave but only demonstrates itself as an increased growth resistance, and on which growth responses may be superimposed.

7. Comparison of normal and "excess auxin" growth.

In the preceding presentation the growth response to auxin has been considered in respect to the growth of the same plant previous to the administration of the paste. A completely different picture arises when we compare the growth of the treated plants with not treated ones during comparable periods. For this purpose we will compare figure 2 and 3. In each figure the growth distribution in consecutive periods of 2, 4 or 10 hours over the zones of one single plant are assembled. In the control plants (fig. 2) we observe a gradual drop of the growth rate of all zones, most rapid though in the lower ones, where the growth drops to zero. The upper 3 curves represent the growth during the first three consecutive periods of two hours each. The 4th and 5th curve are from four-hour periods, and consequently are further apart, whereas the last one is over a ten-hour period. Figure 3 gives the data about a plant of the same lot as figure 2; the only difference is that after the second two-hour period auxin paste $\frac{1}{4}$ has been applied. It represents an extreme case, but illustrates the effect of auxin application in a most effective way. The intermediate forms of response will be treated afterwards.

To begin with, the growth distribution is comparable with that in figure 2. In the first two periods the growth rate differs somewhat, but the mean of both exactly overlaps the mean of the same two of figure 2.

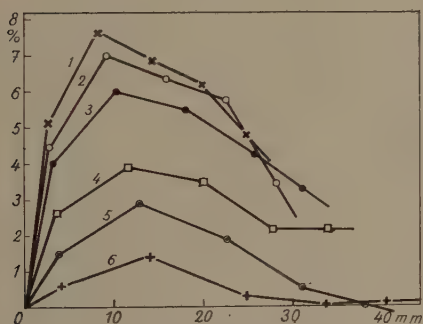


Fig. 2. Growth distribution in an untreated coleoptile in successive periods, 1, 2, and 3 each 2 hours, 4 and 5 each 4 hours, and 6 10 hours. Ordinate: growth rate in % per hour, Abscissa: zones in mm from the tip.

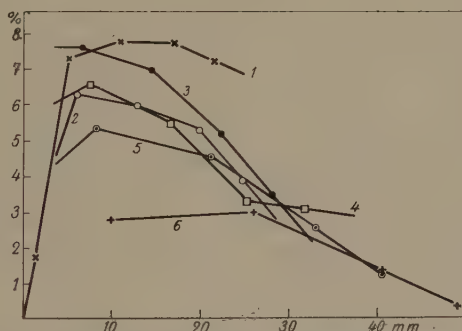


Fig. 3. Same as Fig. 2, only after the second period auxin paste $\frac{1}{4}$ is applied.

The third period shows the effect of auxin: there is a marked increase in the growth of the highest zones, whereas the lower ones keep their original rate. In the successive periods the growth rate of the higher zones (the upper 20 mm) drops off with time just as we will see in par. 8. But the growth rate of the lower zones remains constant. In all zones the supply of auxin is excessive (at least 20 times normal) and now we observe that no aging takes place in the lower zones, even not after 20 hours. It is clear

then that the drop in growth rate of the higher zones cannot be explained as a result of aging, but that food is becoming limiting. Most of the food factor is being used in the lower zones during its upward transport, and therefore less reaches the zones near the tip. In this case the relationship between auxin, aging and food factor is extremely simple: excess auxin completely prevents further aging, the cells go on growing at approximately the same rate, dependent on their state of aging before the administration of auxin. In those lower zones the food factor is not limiting, but higher up we only have to do with limitation of the growth rate by the food factor. An interesting point is that apparently the total amount of food factor available is greater in the plants with extra auxin than in the controls. In par. 11 this will be more closely considered.

Now in figure 4 an extreme case in the other direction is presented.

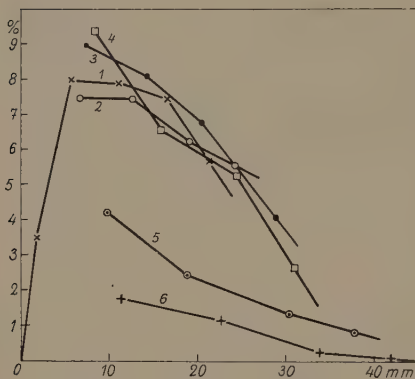


Fig. 4. Same as Fig. 2 and 3, after second period auxin paste $\frac{1}{4}$ applied.

The plant belongs to the same lot as figure 2 and 3, the periods of observation etc. are identical. Again the growth distribution of the first and second two hour period are the same as in figure 2. Then auxin paste $\frac{1}{4}$ is applied and just as in figure 3 we see for the 3rd and 4th period a growth increase near the tip, whereas growth remains almost constant in the lower zones. No aging becomes apparent. But suddenly in the 5th and 6th period growth drops almost to the level of the control plant. This must be ascribed to the

food factor which has become exhausted, or rather whose supply has become limited. All intermediate stages between figure 3 and 4 are possible, depending on the moment that the food factor becomes limiting, and the degree of limitation.

Another set of experiments, which will not be presented here, confirms the view that the growth rate of the lower zones is limited only by the degree of aging at the moment of auxin application.

8. Analysis of the food factor in young and old plants.

It should be possible to analyse the food factor by increasing the auxin concentration and measuring the growth of the upper zones in which the aging has not yet occurred. Thus in the following descriptions the growth of only the most rapidly elongating zones is considered.

In the next experiment 7 groups of 6 plants each have been measured and the growth of the upper 10—15 mm is recorded. Two of the groups are kept as controls and are not supplied with extra hormone, only one of them (I) being represented in figure 5. Their growth shows something

like the aging effect, that is, it falls with time, first slowly, then more rapidly, and flattens out at last. To find out to what extent auxin, aging or the food factor are causing this drop auxin paste $\frac{1}{4}$ is applied to the tips of the plants of the remaining groups, in each group at a different moment, at two-hour intervals, so that the whole period of the rapid drop in growth rate is covered. The result is given in figure 5. The growth rate

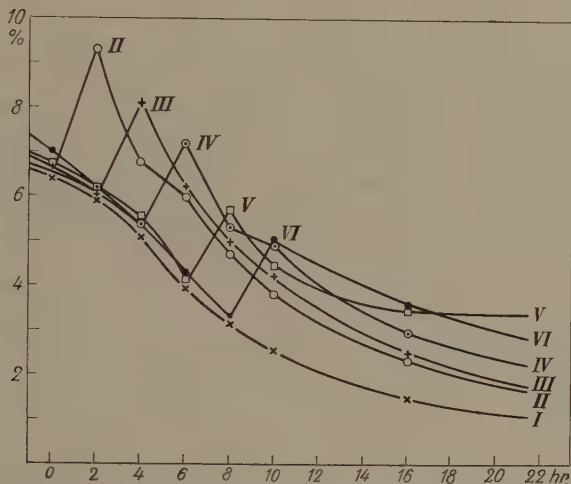


Fig. 5. Change in growth rate of highest zones after application of auxin paste $\frac{1}{4}$ to groups II—VI in successive 2-hour intervals. Ordinate: growth rate in % per hour. Abscissa: time in hours.

of each group before auxin is applied corresponds almost exactly with the controls, so that the material must be considered as very homogeneous. As soon as auxin is administered, the growth rate in the successive groups jumps up to: 143, 134, 134, 137 and 149 % of the value in the preceding period of two hours, and falls off again in the following periods. So it seems that the increase of the growth rate due to excess auxin is a more or less constant value.

Now does the food factor or the aging limit the growth rate of the treated plants after the first two hours of application of the auxin? Of course, considering the excess auxin, it is unlikely that aging plays a part in the subsequent growth decrease. The final length of the coleoptiles at the end of the experiment tells the story. In the two control groups it is 192 and 198 % of the original length, and in the five other groups: 248, 246, 253, 251 and 244 %. This means that it is immaterial whether the auxin application begins early or 8 hours later, — the final length is the same. In the first period the growth rate is just twice the rate in the 5th period, so the original growth rate at the moment of auxin application does not influence the final length at all; this means that aging has in fact nothing to do with it (auxin is in excess). The total amount of the food factor, however, is the same in all seeds. Normally only part of this is

used for growth of the coleoptile, but upon application of auxin paste the total amount of the food factor becomes available and will be used, whether in 12 or in 20 hours.

In all curves we also observe the phenomenon described in par. 6, viz. that after the growth acceleration by auxin in the first period the growth rate in the following one drops below its subsequent rate. If the growth rate of the experimental plants is expressed in percent of the growth rate of the controls in the same period, this effect is very pronounced.

9. The food factor in artificially aged plants.

Six groups of 6 plants each are marked 7 and 16 mm below the tip, the enclosed zone of most rapid growth being measured every 2 or 3 hours. The first group of plants is left intact; after the first 3 hour period the other groups are decapitated and the primary leaf pulled out, and those not supplied with auxin are re-decapitated every two hours to prevent the regeneration of auxin. On the second group is put auxin paste $\frac{1}{4}$ directly after decapitation, on the third the same is put after 2 hours, on the fourth after 4 and on the fifth after 6 hours, while the sixth does

not receive auxin at all. Figure 6 represents the results. The curve of group I, the controls, is typical and directly comparable with the similar curve of the controls in figure 5. The curve of group VI is typical too: after decapitation the growth falls rapidly and decreases still further in the next periods until growth almost completely stops due both to decreased auxin content and to aging. In group II we do not observe the typical increased growth rate in the first period after application of auxin, but in the second period the growth rate already exceeds that of the controls and remains slightly faster. In group III, IV and V we observe an increase in the growth rate immediately after auxin application; the most in-

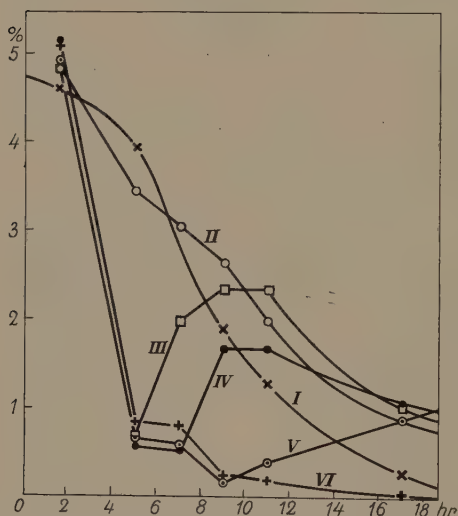


Fig. 6. Change in growth rate of most rapidly growing zones. After first 3 hours groups II—VI are decapitated and immediately or after 2, 4 or 6 hours auxin paste $\frac{1}{4}$ is applied to groups II—V. Ordinate: growth rate in % per hour. Abscissa: time in hours.

interesting fact, however, is that the maximal growth rate is not reached immediately, but only after 4 to 8 hours. The explanation follows from two facts: 1. The available amount of food factor is great, as growth has been artificially kept down by decapitation. In this respect we can compare them with the plants of par. 5. 2. The cells are artificially aged, because

they have been prevented from growing, in this respect differing from those of par. 5. We have cells in different stages of aging, but all with the same slow growth at the moment of application of auxin.

As the food factor is far in excess, the application of auxin can induce rejuvenation. This is a slow process, and only becomes apparent when the growth rate is not limited by any growth factor except aging. Here, especially in the fifth group we have a perfect example of this rejuvenation.

10. Deseeding experiments.

As the food factor is considered to come from the seed, it is only natural to try to influence it by cutting the seed off and using deseeded plants. The decreased auxin formation in them (see SKOOG 1935) can be offset by addition of auxin paste. The food factor will be lowered in those plants, but at the same time we have to consider the probability that the cell wall formation, dependent on nutritive factors (see par. 4), is decreased too.

The growth distribution in respect to zones and time has been followed in 16 deseeded plants. This is not enough to obtain a detailed quantitative picture of the whole phenomenon, but the results as far as they seem significant will be discussed.

What is the effect of deseeding on the growth rate? This immediately drops to 70 or 75 % of the rate of normal plants, and the same relationship between deseeded and normal plants holds for a long period afterwards (see groups I and II of figure 7). The growth distribution in the deseeded coleoptile changes relatively little compared with normal ones, only the growing zone is somewhat shorter.

In general the effect of excess of auxin is the same in deseeded as in normal plants. This may be concluded from figure 7 in which 5 groups

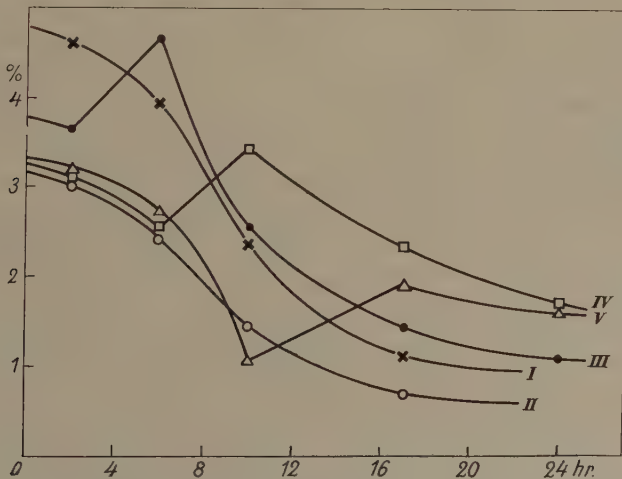


Fig. 7. Change in growth rate of highest zones of deseeded coleoptiles after application of auxin paste 1 to groups III—V. Group I not deseeded.

Ordinate: growth rate in % per hour. Abscissa: time in hours.

(each the mean of 2 plants) are represented. The growth of their upper zones (10 mm) has been measured every 4 hours. The graph is directly comparable with figure 6, where the same thing is measured for normal plants over 2-hour periods. Group I is not deseeded; its growth rate drops exactly as in other experiments. The plants of group II are deseeded just before starting the measurements and are not treated with auxin. Their growth rate falls off just like that in the normal plants, only at a lower level; for the successive periods it is 66, 62, 62, 63 % of normal plants. In group III auxin paste 1 is applied at the end of the first 4-hour period, in group IV after 8 and in group V after 12 hours. In all three cases we get an increase of the growth rate, just as in normal plants. Thus we have to conclude that all three factors: auxin, aging and food drop in approximately the same ratio after deseeding.

By analysing the growth distribution after application of auxin in deseeded plants at different periods after deseeding we arrive at the same

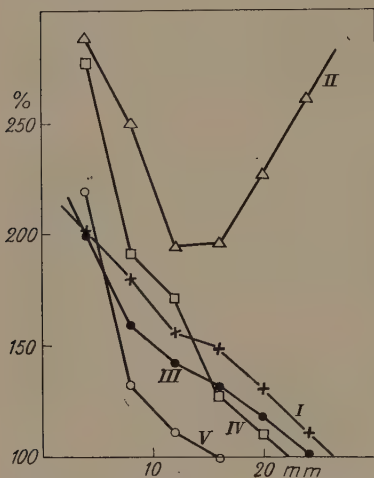


Fig. 8. Growth increase in the different zones due to application of auxin if compared with the growth of not treated plants, in the first period of 4 hours after application (curve II in second period of 4 hours). Curve III: plants deseeded 4 hours beforehand, curve IV: 8 hours deseeded, curve V: 22 hours deseeded. Ordinate: growth rate in % of normal growth. Abscissa: zones in mm from tip.

conclusion. Figure 8 shows the recalculation of the data at hand. We compare the relative growth increase upon auxin application as the growth distribution is the same in normal and deseeded plants. Curve I represents the growth increase caused by excess auxin in normal plants during the first 4 hours, curve II for the second 4-hour period. For still later periods the effect may be over 1000 %.

Now the excess auxin-growth of the deseeded plants in the first period of 4 hours (curve III) is essentially the same, only the effect does not reach down so far: the lowest zones, which also are affected most by aging, do not respond to auxin as in the normal plants, and the longer beforehand the deseeding takes place, the more the effect is localised in the upper zones (curves III, IV and V). But in those upper zones it is the same as in normal plants. However, the great difference between these and the normal plants

is, that in the following periods there is no increased effect of auxin on the lower zones: the latter will go on growing at the same rate as they do without additional auxin. This means that the application of auxin does not increase the amount of food factor in the lower zones, while, as we have seen, it does so in normal plants (par. 7).

11. *Discussion.*

Now we are ready to reconsider the interrelations between growth rate, auxin and food factor. From all the preceding paragraphs we are led to the inevitable conclusion, that the growth of a coleoptile cannot be explained by the effects of auxin and aging alone, but that everywhere a third factor, which has been called the food factor, comes into the picture. This factor probably comes from the seed (see par. 12). It has not been possible to determine the concentration of the food factor in all zones of a coleoptile, as the only criterion for its presence is the growth rate, and in most cases this growth rate is primarily limited by the degree of aging of the cells. Only in exceptional cases does there seem to be a great excess of food factor (par. 5 and 9); in most other cases the amount of food factor available seems to bear a certain quantitative relationship to the growth rate, though it is not limiting growth. Thus it seems that the food factor and auxin are not independent. A relationship between these two may be imagined in different ways, e.g. as follows.

It is possible, that auxin, apart from its more or less direct effect on the cell wall, influences the transport of the food factor as well, so that a high auxin concentration would mean a good supply of the food factor. In view of the other processes influenced by auxin this explanation seems very reasonable; indeed the author hopes to be able to prove this viewpoint in another paper.

In some cases we have obtained rejuvenation by application of excess auxin (par. 5 and 9) but in others we have not. The most marked rejuvenation has been obtained when the growth rate is very low or zero. In par. 9 we actually observe an increasing effect the more the cells have aged. With the higher growth rates the rejuvenation, if present at all, will be so small to be undistinguishable.

12. *Food factor and leaf growth.*

A few further experiments throw some light on the food factor. In par. 5 it was found that the leaf limits the growth of the coleoptile by using the food factor. Also DU BUY (1933) describes how the growth of the coleoptile rather suddenly stops as soon as the primary leaf breaks through the coleoptile and starts to grow at a much increased speed. As the auxin formation goes on long after growth has stopped this must be caused by a lack of the food factor.

On the other hand rapid coleoptile growth inhibits leaf growth. In the plants treated with auxin paste the coleoptile grows faster and the leaf slower, as figure 9 shows. That this inhibition is due to the increased growth of the coleoptile and not to the auxin in itself, is proven by the next experiment. From a number of plants the growing zone of the coleoptile is cut off, and on the cut surface of half of the plants is put auxin paste I. The auxin is present but does not produce any appreciable growth in the basal cells of the coleoptile, and in this case auxin does not

inhibit leaf growth. The mean values are: leaf length in controls: 75 mm; when auxin paste 1 is added: 72 mm. All preceding facts are satisfactorily

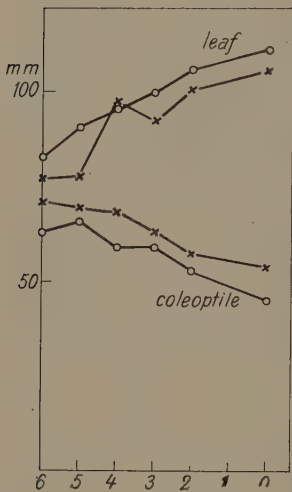


Fig. 9. Total length of coleoptile and primary leaf if treated with different auxin concentrations. Ordinate: length in mm. Abscissa: log. of auxin concentration.

explained by assuming that for the growth of both leaf and coleoptile the same food factor is necessary. Its total supply by the seed is limited and allows for the normal growth of both, but as soon as the growth of one of them is increased beyond normal and uses more food factor, the growth of the other will decrease. This explanation is completely in line with the conclusion of par. 8, that the total supply of the food factor to the coleoptile is greater after auxin is applied. Moreover it explains the fact that in normal plants there exists a positive correlation between coleoptile and leaf growth. If the coleoptile is long, the leaf is too, or both are short. This is due to a variable available amount of food factor in the seed. Here we see that the distribution of the food factor between coleoptile and leaf is a finely regulated mechanism, which is upset by excessive auxin supply.

Except in par. 7 no evidence has been obtained concerning my original hypothesis, that the growth of the highest zones, near the tip, is limited by the food factor. In the absence of any better explanation I provisionally maintain this view.

13. Summary.

By artificially increasing (10—50 times) the auxin concentration inside a coleoptile it can be shown, that in normal growth auxin limits the growth rate of practically all cells, either directly as a growth promoter or indirectly by preventing aging (par. 6). The aging is due to cell wall formation exceeding the rate of elongation, so that the cell walls become stiffer (par. 4). The reverse phenomenon, rejuvenation, has also been demonstrated (par. 5 and 9). This is a gradual increase in growth rate of old or aged cells after an excess of auxin has been applied (par. 11). Cells which have stopped growing by the combined effect of aging and auxin deficiency resume growth upon excessive auxin supply (par. 5).

A third factor limiting growth is recognised in the food factor, a nutrient stored in the seed and increasing both leaf and coleoptile growth (par. 12). Under normal conditions the food factor is in relative excess in the plant, but becomes limiting upon application of excess auxin (par. 8, 11), or after deseeding (par. 10).

LITERATURE CITED.

- BONNER, J., 1934: Proc. Nat. Acad. Sci. **20**, 393.
 BUY, H. G. DU, 1933: Rec. trav. bot. néerl. **30**, 798.
 BUY, H. G. DU and E. NUERNBERGK, 1930: Proc. Kon. Akad. Wet. Amsterdam, **33**, 542.
 DILLEWYN, C. VAN, 1927: Rec. trav. bot. néerl. **24**, 307.
 DOLK, H. E., 1930: Diss. Utrecht.
 HEYN, A. N. J., 1931: Rec. trav. bot. néerl. **28**, 113.
 ———— 1933: Protoplasma **19**, 78.
 ———— 1934: Jahrb. wiss. Bot. **79**, 753.
 HEYN, A. N. J. and J. VAN OVERBEEK, 1931: Proc. Kon. Akad. Wet. Amsterdam **34**, 1190.
 JOST, L., 1935: Zeits. f. Bot.
 NUERNBERGK, E. and H. G. DU BUY, 1930: Rec. trav. bot. néerl. **27**, 417.
 SKOOG, F., 1935: In press.
 SÖDING, H., 1934: Jahrb. wiss. Bot. **79**, 231.
 THIMANN, K. V., 1934: Journ. gen. physiol. **18**, 23.
 THIMANN, K. V. and J. BONNER, 1933: Proc. Roy. Soc. London B. **113**, 126.
 THIMANN, K. V. and J. BONNER, 1935: Journ. gen. physiol.
 WEBER, U., 1931: Jahrb. wiss. Bot. **72**, 312.
 WENT, F. W., 1928: Rec. trav. bot. néerl. **25**, 1.
 WEY, H. G. VAN DER, 1932: Rec. trav. bot. néerl. **29**, 379.

Anatomy. — *Experimentelle Untersuchungen über die basale optische Wurzel beim Meerschweinchen.* Von EUGEN FREY (Zürich).
 (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS.)

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

In meinen früheren Arbeiten (Proceedings Vol. XXXVI, N^o. 2 und 3, 1933) habe ich den Versuch gemacht, die basale optische Wurzel der Reptilien und Vögel auf vergleichend-anatomischer Basis einer systematischen Untersuchung zu unterziehen, bei spezieller Berücksichtigung der Beziehungen dieser Wurzel zur Commissura transversa Gudden und deren Kern. Als weiteres Ziel nahm ich mir vor, den Aufbau des Systems der basalen optischen Wurzel und ihres Kernes bei einigen Säugetieren vom gleichen Standpunkte aus zu erforschen.

Der Nachweis der basalen Optikuswurzel und ihres Kernes bei verschiedenen Säugetieren wurde von MARBURG ('03) im Zusammenhang mit dem Tractus peduncularis transversus gebracht. Dieser Tractus wurde bereits von GALL und SPURZHEIM (1810) und von INANZI und LEMOIGNE ('61) gesehen, aber erst von GUDDEN ('70, '81) genau beschrieben und als Tractus peduncularis transversus betitelt. Nach GUDDEN degeneriert dieser Tractus nach einseitiger ENUKLEATION des Augapfels auf der gekreuzten Seite. Seine charakteristischen Eigenschaften bei verschiedenen Tieren (Kaninchen, Hund, Schaf, Katze) sind: Verlauf vom vorderen Rand der vorderen Vierhügel am Rande des Mittelhirns zur Hirnbasis zur Austrittsstelle des Nervus oculomotorius, wo dann der Tractus peduncularis transversus im Winkel zwischen dem Corpus mammillare und dem Pedunkulusrand ins Mittelhirnnere eintritt, unter Formung eines kernartigen Gebildes. Weiterhin verläuft er dorsolateralwärts zwischen dem unteren Rand des Nucleus ruber und der Substantia nigra.

Nach GUDDEN sollen die Fasern dieses Tractus viel zarter und feiner myelinisiert sein, als die des Tractus opticus.

Viele Forscher, wie RETZIUS ('98), MARBURG ('03), KOSAKA und HIRAIWA ('15), CASTALDI ('23), TSAI ('25), LE GROS CLARK ('29), haben den Tractus peduncularis transversus bei verschiedenen Tieren beschrieben. Die amblyopen Tiere, wie Blindmaus (*Spalax typhilus*) (FRANKL—HOCHWART, '02), Maulwurf (TUMIANZEW, '98), GANSER, '82), zeigten ein völliges oder teilweises Fehlen des Tractus peduncularis transversus. Die von verschiedenen Autoren angewandten Degenerationsmethoden verhalten zur allgemeinen Annahme, dass die Fasern des Tractus peduncularis transversus ihren Ursprung in der Retina der gekreuzten Seite haben. KOELLIKER ('96) nahm an, dass der Tractus peduncularis transversus seinen Kern oder seine Ursprungsstelle an der ventralen Seite des Gehirnes besitzt und im vorderen Vierhügel sein Ende findet. Die Beziehungen des Opticus zum Tractus peduncularis transversus seien aber dadurch nicht abgeklärt. SINGER und MÜNZER ('89) konnten die atrophiierten Fasern bis zu den vorderen Vierhügeln verfolgen. MÜNZER und WIENER ('02) bestätigten die Ansichten von GUDDEN über die optische Natur und über den Verlauf des Tractus peduncularis transversus.

MARBURG ('03) widmete eine eingehende Studie der vergleichenden Anatomie des Tractus peduncularis transversus. Er wies die Existenz dieses Bündels bei einer ganzen Reihe von verschiedenen Säugetieren nach. Auch wurden von ihm mehrere Degenerationsversuche ausgeführt. MARBURG homologisiert den Tractus peduncularis transversus mit der basalen Optikuswurzel samt ihrem Kern (Ganglion ectomammillare Edingers).

WALLENBERG ('04) bestätigte auf Grund experimenteller Studien beim Meerschweinchen die Ansichten MARBURG's und wurde später auch von LOEPP ('12) unterstützt.

Meine erste Beschäftigung mit dieser Frage an Hand der Untersuchungen im Niederländischen Zentralinstitut für Hirnforschung von sehr guten, normalen Serien verschiedener Säugetierarten, wie Marsupialier, Chiropteren, Rodentier hat manche interessante Beziehungen zu Tage gebracht, gleichzeitig aber gezeigt, dass die Aufgabe nicht sehr leicht zu lösen ist. Dabei ist die Frage von besonderer Wichtigkeit: „Wo ist eigentlich die basale optische Wurzel bei diesen Tieren?“ Um einen sicheren Ausgangspunkt für diese prinzipielle Entscheidung zu bekommen, habe ich vorerst versucht, bei einem bestimmten Tier durch eingehende Untersuchung Klarheit zu gewinnen. Als ein solches Untersuchungsobjekt wurde das Meerschweinchen (*Cavia cobaja*) gewählt.

Für die experimentellen Studien der basalen optischen Wurzel beim Meerschweinchen wurden eine frontale und eine horizontale Marchiserie nach der Enukleation eines Auges benutzt. Da ich in Analogie mit den Reptilien und Vögeln eine optimale Verbreiterung der basalen optischen Wurzel in den Horizontalebeneen vermutet habe, wurde ein besonderer Wert auf die horizontale Serie gelegt.

Die erste Orientierung der allgemeinen Lageverhältnisse im Tractus in Bezug auf die basale Wurzel bekommt man besonders deutlich an Hand der Frontalmarchiserie (Abb. 5—6.).

Nach der vollzogenen Kreuzung der Sehnerven im Chiasma, die beim Meerschweinchen bekanntlich eine vollständige ist, kommt die Commissura transversa Gudden auf der degenerierten Seite sehr deutlich zum Vorschein. Sie liegt unterhalb und medial vom Tractus und ist lateral teilweise vom Tractus bedeckt. Sie ist im allgemeinen frei von Marchischollen,

ausgenommen vereinzelte isolierte Fasern, die den nachziehenden optischen Fasern zugehören scheinen. Ventral von der Commissura transversa sieht man eine bedeutende Ansammlung von Marchischollen, was auf das Bestehen eines optischen Bündels an dieser Stelle hinweist. Dieses Bündel stammt aus den Optikusfasern, die sich an der Basis des Chiasma gekreuzt haben. Dieser Befund bleibt beim Durchforschen von mehreren Schnitten kaudalwärts bestehen. (Abb. 5., tr. b. o.). Etwas weiter kaudalwärts in den Schnittebenen des hinteren Thalamusabschnittes sieht man einige aus diesem basal gelegenen Optikusbündel zur Basis und Mitte des Thalamus ziehende Fasern, die durch Marchischollen deutlich werden. Diese Fasern liegen ganz an der Oberfläche des Pedunculus cerebri. Da man die gleiche Strecke dieses Bündelchens an mehreren aufeinanderfolgenden Frontalschnitten auf der gleichen Höhe sieht und da die Degenerationsschollen sehr spärlich sind, bekommt man den Eindruck, dass dieses Bündel eher aus dünnen und sich flach an der Oberfläche des Pedunculus ausbreitenden Fasern besteht. Basal ziehen diese Fasern zum Winkel zwischen dem kaudalsten Teil des Corpus mammillare und dem medialsten Abschnitt des Pedunculus, von wo die Fäserchen, leicht aufsteigend, sich ausbreiten. Auch fangen die Marchischollen in diesem Winkel an, sich zu zerstreuen. Sie lassen dabei die Umrisse eines Kerns erkennen.

Weiter kaudalwärts, in den mittleren Ebenen des Corpus geniculatum laterale, wird die Verbindung aus dem basalen Bündel zur Medianlinie etwas bestimmter, gleichzeitig fängt dieses Bündel an, in seiner Intensität abzunehmen. Ausser dem Faserstreifen zur Basis sieht man am Frontalschnitt auch einige Schollen, die senkrecht durch den Pedunculus zum Thalamus ziehen. Diese Schollen können nur eine kurze Strecke weit verfolgt werden. In den Ebenen des Austrittes der Okulomotoriuswurzel und etwas frontaler davon erscheint oberhalb des durch die Marchischollenansammlung angedeuteten Endkernes ein ziemlich breites Band der degenerierten Fasern, die aus diesem Kern stammen und sich nach innen vom Pedunculus und dorso-kaudalwärts begeben. Sie erreichen den unteren Rand des unterhalb des roten Kernes sich befindenden Bündels der medialen Schleife. Dort breiten sie sich fächerförmig aus und ziehen dann dorso-lateralwärts in die Richtung des Randes der Substantia nigra.

In diesen Ebenen ist das Corpus geniculatum laterale fast verschwunden und das Corpus geniculatum mediale tritt in seinem vollen Umfang auf. Die Commissura transversa Gudden ist nicht mehr zu sehen, da sie sich mit dem Erscheinen des Geniculatum internum allmählich in diesem aufgesplittert hat. Das Bündel der degenerierten optischen Fasern ventral von der Commissura transversa Gudden hat sich bereits völlig erschöpft. Es ist aber auf den Schnitten immer noch die sehr spärliche superficiale Schicht der degenerierten Fasern am Rande des Pedunculus zu sehen, die bis zur Basis des Geniculatum internum verlaufen und dort scheinbar leicht nach innen einbiegen. Weiter kaudalwärts verliert dieses Bündelchen den Anschluss an den basalen optischen Kern und ist nur seitlich am Pedun-

kulusrand immer kürzer und kürzer, aber stets den Anschluss an die Basis des Corpus geniculatum behaltend, zu sehen. Schliesslich verlieren sich diese immer schwächer werdenden Fasern in dem Winkel zwischen dem obersten Rand des Pedunculus und der Basis des Corpus geniculatum internum. Dieses Verhalten des oben beschriebenen Bündels spricht dafür, dass dieser Faserzug nicht vom Corpus geniculatum internum basalwärts, sondern aus dem basalen Kern zum Corpus geniculatum internum verläuft. In den letzten Schnitten, wo dieses Bündelchen noch zu sehen ist, trifft man das Corpus geniculatum laterale nicht mehr, dagegen das Geniculatum internum in vollem Umfang. Diese Ebenen entsprechen auch den vorderen Ebenen des Ganglion interpedunculare (Abb. 6.).

Ein besonders typisches Bild in Bezug auf den Verlauf und die Verteilung der degenerierten Fasern des basalen optischen Bündels kommt an den Horizontalschnitten zur Darstellung. Die entsprechenden Serien wurden von unten nach oben geschnitten. In den basalsten Partien des Thalamus, oberhalb der stattgefundenen Kreuzung der n.n. optici, kann man am Traktusbündel sehr deutlich frontal die degenerierten Tractus optici, in der Mitte die Commissura transversa Gudden und kaudal davon, anschliessend an die Faserung der letzteren, die degenerierten Fasern des basalen Bündels, das in den Horizontalebene einen grösseren Umfang aufweist, unterscheiden. (Abb. 1—4.).¹⁾

In den untersten Schnitten, wo der Pedunculus in seinem basalsten Abschnitt, wie eine isolierte Insel, noch ohne des Anschlusses an den Thalamus und an das Mittelhirn zur Darstellung kommt, sieht man mit voller Deutlichkeit, dass die degenerierten Fasern an der Oberfläche des Pedunculus in der Horizontalebene und vom vordersten äusseren Rand kaudalwärts verlaufen, den untersten Pol des Pedunculus umfassen, um dann in einer ziemlich breiten aber lockeren Schicht am inneren Rand der Pedunkulusinsel wieder sich frontalwärts zu begeben. (Abb. 1. und 2.).

In den nachfolgenden, höher gelegenen Schichten der Thalamusbasis, wo diese Pedunkulusinsel bereits eine Verbindung mit dem Thalamus zeigt, sieht man sehr demonstrativ, dass die degenerierten optischen Fasern am äusseren Rand des Pedunculus einen Anschluss an das ventrale optische Bündel kaudal von der Commissura transversa Gudden finden, was beweist, dass der ganze, den basalen Pol des Pedunculus in oben beschriebener Weise umfassende Zug der degenerierten optischen Fasern eigentlich aus der ventralen optischen Wurzel entstammt. Interessant ist noch

¹⁾ Es kann vielleicht auffallen, dass der Tractus opticus, die Commissura transversa Gudden und die basale Optikuswurzel an den Frontal- und Horizontalschnitten die gleiche Figur bilden, nur um 90° gedreht. Das wird sofort verständlich, wenn man sich einen Sagittalschnitt durch den Tractus opticus vorstellt, in dem diese drei Gebilde ungefähr parallel zueinander dorso-kaudalwärts steigen. Ein senkrecht zur Sagittalebene geführter Frontalschnitt würde den Tractus opticus oben, die Commissura transversa in der Mitte und die ventrale Wurzel unten treffen. Ein zu dieser Sagittalebene geführter Horizontalschnitt trifft den Tractus opticus zuvorderst, die Commissura transversa in der Mitte und die ventrale Optikuswurzel kommt dann auf diesem Schnitt hinten zu liegen.

Cavia cobaja

Marchi, Abb 1-4 horizontal, 5-6 frontal.

Abb 1

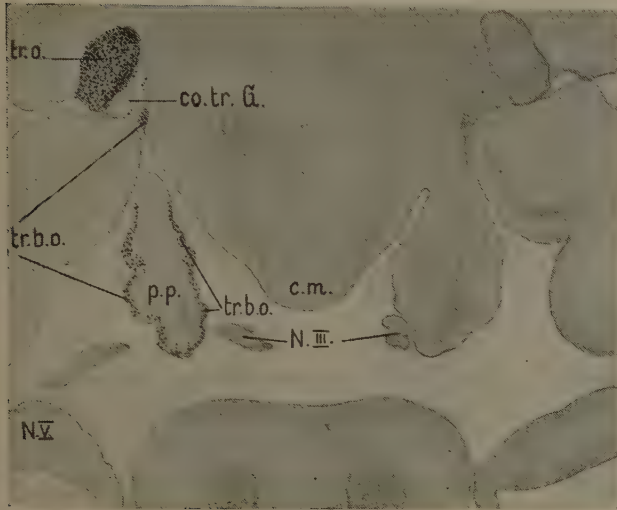


Abb 4.



Abb 2

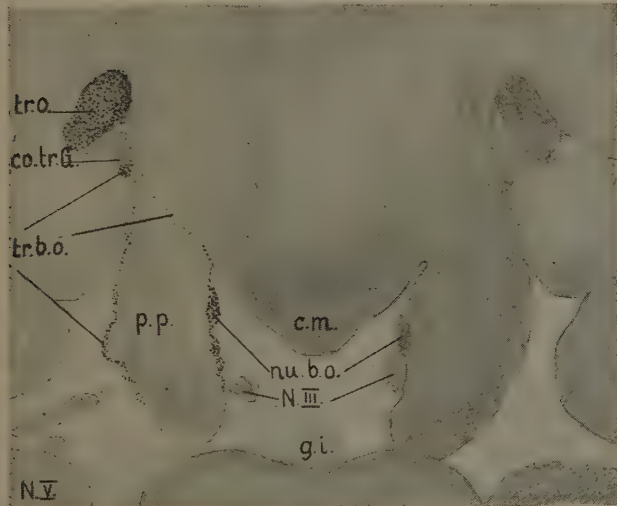


Abb 5

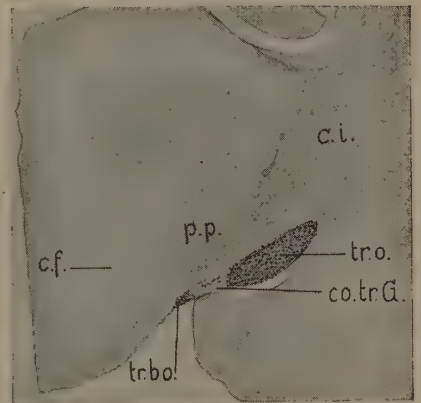
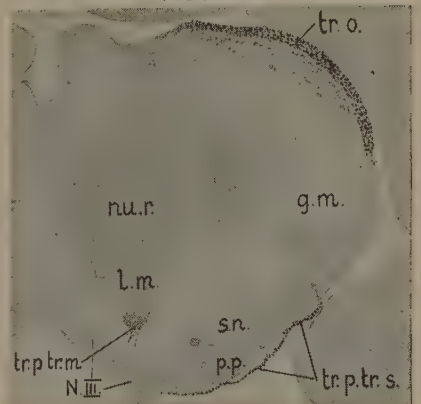


Abb 3



Abb 6



eine Einzelheit: in einigen Schnitten, wo der Pedunculus in seinem Anschluss an den Thalamus bereits eine beträchtliche Dicke aufweist, sieht man ausser dem Bündel aus der basalen optischen Wurzel am äusseren Rande des Pedunculus auch einige degenerierten Fasern, die sich aus der basalen Wurzel im Tractus opticus durch die äussere Schicht des Pedunculus direkt zu seinem inneren frontalen Rand begeben. (Abb. 2.).

In weiteren oberen Partien des Untersuchungsobjektes erscheint allmählich ein kernartiges Gebilde am vorderen inneren Rand des Pedunculus, zu dem alle degenerierten Fasern ziehen. Dieser Kern hat eine etwas längliche Form und erstreckt sich von vorne nach hinten. Seine Lage ist auch an den Horizontalschnitten gekennzeichnet durch die Nachbarschaft der Okulomotoriuswurzel, die unmittelbar kaudal vom Kern an den Schnitten erscheint. Ein schmaler Streifen von Marchischollen verbindet diesen Kern mit der Okulomotoriuswurzel. (Abb. 3.). An den weiteren Schnitten aus den höheren Schichten des Pedunculus kann man die Okulomotoriuswurzel, in einigen Faserzügen verteilt, im Inneren des Mittelhirns sehen. In der nächsten Nähe und etwas frontal von dieser Wurzel sieht man das runde mit Marchischollen durchsetzte Bündel aus dem basalen optischen Kern. Diese Marchischollen sind sehr feinkörnig, was offenbar der besonders feinen Struktur der markhaltigen Fasern entspricht. Etwas höher erscheinen die horizontal verlaufenden Fasern der medialen Schleife. Sie ziehen teilweise durch den vertikal verlaufenden degenerierten Faserzug aus dem basalen optischen Kern, bleiben dabei medial von ihm liegen. In einer gewissen Höhe scheint es, dass die durchziehenden Fasern der medialen Schleife dieses Bündel spalten. Der kleinere, näher zur Medianlinie liegende, zellreiche Teil des degenerierten Bündels verschwindet allmählich, der andere ist noch eine Weile nach oben und lateralwärts zu verfolgen. Ausser der scheinbaren Feinheit der Fasern ist dieses optische Bündel noch durch das Vorhandensein von ziemlich zahlreichen Zellen im Verlaufe des ganzen Bündels, die sogar an den Marchischnitten sehr deutlich zu sehen sind, gekennzeichnet. Am oberen Ende des Bündels werden die Zellen zahlreicher, sodass man hier von einem kernartigen Gebilde sprechen kann. Die Marchiserie erlaubt, die Endigung dieses optischen Bündels genau zu lokalisieren. Der Endkern schliesst sich an den medialen Rand der Zellmassen der Substantia nigra in ihrem lateralen und dorsalsten Abschnitt an.

Zum Schlusse der Arbeit möchte ich noch einiges über die Marchibefunde bei unseren Untersuchungen erwähnen. Es fällt nämlich die eine Tatsache besonders auf, dass die Marchireaktion bei allen Verbindungen zu und aus dem basalen optischen Kern positiv ausgefallen ist. Das widerspricht in gewissem Sinn der Vorstellung über die Trennung der primären basalen Optikusverbindung vom Chiasma zum basalen Kern von den Verbindungen aus diesem Kern zu verschiedenen Zentren im Mittelhirn. Für die Erklärung der Wirkung der Degeneration auch im sekundären Neuron können wir zwei Möglichkeiten annehmen: die Unterbrechung

der Fasern der basalen optischen Wurzel in ihrem Kern ist keine vollständige, einige Fasern gelangen direkt in die sekundären Bahnen, oder es sind im basalen Kern die Verhältnisse so, dass die Ursprungszellen des zweiten Neurons keine selbstständigen Zellen sind, die durch die Kollateralen mit den Endzellen der primären Bahn verbunden sind, sondern die gleichen Zellen, die die Fasern des primären Neurons aufnehmen, den Ursprung des zweiten Neurons darstellen. In diesem Falle wäre es zu erwarten, dass bei einer Läsion des Opticus eine totale Degeneration des gekreuzten basalen optischen Kernes eintritt. Tatsächlich besitze ich eine Illustration dieser Möglichkeit. Beim Durchschauen einer Weigert-Palserie des Gehirnes eines Casuars aus Neuguinea (Sammlung des Niederländischen Zentralinstitutes für Hirnforschung), der am linken Auge blind war, fand ich den basalen optischen Kern der entsprechenden Seite total degeneriert. Die Abbildung 7. illustriert sehr anschaulich diese Verhältnisse.

Ich fühle mich aber trotzdem nicht berechtigt, die Frage durch diesen Nachweis als beantwortet zu betrachten und will diese vorläufig offen lassen, bis weitere Erfahrungen die letzte Annahme bestätigen oder eine andere Erklärung geben würden.

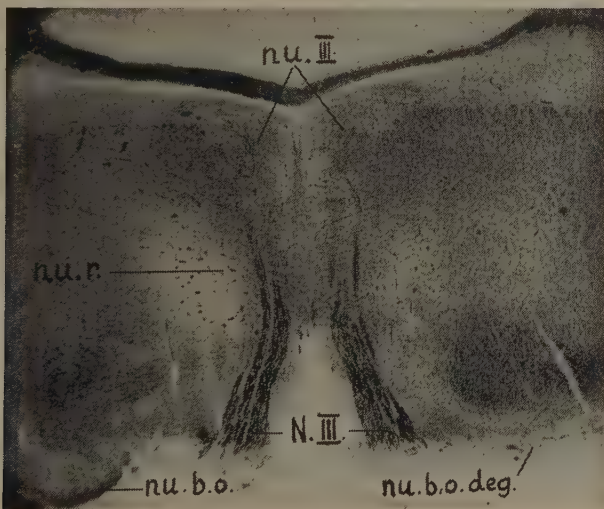


Abb. 7.

Casuarus casuarus. (Blindheit links). Frontal geschnitten; Markscheidenfärbung.

Die Diskussion der Ergebnisse der Marchiuntersuchungen wird in der nächstens folgenden Arbeit, die den Befunden am normalen Material gewidmet ist, geschehen.

ABKÜRZUNGEN:

- nu. b. o. = Nucleus basalis opticus.
 nu. b. o. deg. = Nucleus basalis opticus degeneriert.

nu. III.	= Nucleus nervi oculomotorii.
nu. r.	= Nucleus ruber.
s. n.	= Substantia nigra.
c. m.	= Corpus mamillare.
g. i.	= Ganglion interpedunculare.
g. m.	= Geniculatum mediale.
tr. o.	= Tractus opticus.
tr. b. o.	= Tractus basalis opticus.
tr. p. tr. m.	= Tractus peduncularis transversus medialis.
tr. p. tr. s.	= Tractus peduncularis transversus superficialis.
p. p.	= Pes pedunculi.
l. m.	= Lemniscus medialis.
c. i.	= Capsula interna.
c. f.	= Columna fornicis.
co. tr. G.	= Commissura transversa Gudden.
N. III.	= Nervus oculomotorius.
N. V.	= Nervus trigeminus.

LITERATURVERZEICHNIS.

- CASTALDI, 1923. Studi sulla struttura e sullo sviluppo del mesencefalo I. Arch. Ital. di Anat. e di Embryol. Vol. XX.
- CLARK, W. E., LEGRON, 1929. The thalamus of *Tupaia minor*. Journal of Anat., Vol. 63.
- GALL, F. J. et SPURZHEIM, G., 1810. Anatomie et Physiologie du systeme nerveux. Paris.
- GANSER, S., 1881. Vergleichend-anatom. Studien über das Gehirn des Maulwurfes. Morphol. Jahrb., Bd. VII.
- FRANKL—HOCHWART, L. v., 1901. Zur Kenntnis der Anatomie des Gehirnes der Blindmaus (*Spalax typhillus*.) Arb. a. d. Neur. Inst., Wien, Bd. VIII.
- GUDDEN, B. v., 1870. Ueber einen bisher nicht beschriebenen Nervenstrang im Gebiete des Gehirnes der Säugetiere und des Menschen. Arch. f. Psychiatrie, Bd. IV.
- 1881. Ueber den Tractus peduncularis transversus. Arch. f. Psychiatrie, Bd. XI.
- INANZI, G. e LEMOIGNE, A., 1861. Sull' origine e sull' andamento di vari fasci nervosi del cervello. Parma, tip. Ferrari.
- KOELLIKER, A., 1896. Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 6. Ed., Bd. II, Leipzig.
- KOSAKA, K. und HIRAIWA, K., 1915. Zur Anatomie der Sehbahnen und ihrer Zentren. Folia Neuro-Biolog. Bd. IX.
- LOEPP, W. H., 1912. Ueber die zentralen Optikusendigungen beim Kaninchen. Anat. Anzeig. Bd. XL.
- MARBURG, O., 1903. Basale Optikuswurzel und Tractus peduncularis transversus. Arb. a. d. Neur. Inst. Wien, Bd. X.
- MÜNZER, E. und WIENER, H., 1902. Das Zwischen- und Mittelhirn des Kaninchens und die Beziehungen dieser Teile zum übrigen Centralnervensystem. Monatsschr. f. Psych. und Neur., Bd. XII.
- RETZIUS, G., 1898. Zur Kenntnis der lateralen Fläche des Mesencephalon und ihrer Umgebung. Biol. Untersuchg., Neue Folge, Bd. VIII.
- SINGER und MÜNZER, 1889. Beitrag zur Kenntnis der Sehnervenkreuzung. Kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien, Bd. 55.
- TSAI, CHIAO, 1925. The optic tracts and centers of the opossum *Didelphys virginiana*. Jour. of Comp. Neur., Vol. 39.
- TUMIANZEW, N., 1898. Beiträge zur Erforschung des Sympathikuseinflusses auf die contralaterale Pupille. Pflügers Arch. f. Phys., Bd. 69.
- WALLENBERG, A., 1904. Notiz zur Anatomie des Tractus peduncularis transversus beim Meerschweinchen. Anat. Anzeiger, Bd. XXIV.

Anatomy. — *Die basale optische Wurzel des Meerschweinchens.* Von EUGEN FREY (Zürich). (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS.)

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

Zur Fortsetzung meiner experimentellen Untersuchungen über die basale optische Wurzel beim Meerschweinchen (Proceedings Vol. XXXVIII, S. 767) möchte ich hier über Befunde am normalen Meerschweinchengehirn berichten.

Es standen mir folgende Schnittserien zur Verfügung: je eine horizontale BIELSCHOWSKY-, KATO- und CAJAL(gold)-serie; ferner frontale Markscheidenserien, je eine frontale und horizontale NISSEL-serie und eine horizontale Serie mit alternierenden Markscheiden- und NISSEL-präparaten.

Eine horizontale normale BIELSCHOWSKY-serie des Thalamus und des Mittelhirns bestätigt vollkommen die Befunde an den Marchiserien. Durch diese Methode kommt der basale optische Kern besonders schön zur Darstellung. Seine Lage in Bezug auf die austretende Okulomotoriuswurzel verdient besonders besprochen zu werden. Ausser der typischen nächsten Nachbarschaft zum Oculomotorius, was als allgemeines topographisches Merkmal bei allen bis jetzt untersuchten Tierklassen feststellbar war, fällt noch eine besonders intime Beziehung des Kernes zu den Okulomotoriusfasern auf. Ich konnte ein kleines, vom gesamten Wurzelstamm abgesondertes Bündelchen finden, das bis zur Randpartie des basalen Kernes heruntersteigt, hier von allen Seiten geflechtartig durch einzelne Kollateralen aus dem optischen Kern umgeben wird, um dann diesen Kern zu verlassen und sich bei der Austrittsstelle des Hauptnervens Stammes zu diesem zu gesellen (Abb. 3. = Uebersichtsbild; Abb. 4. = starke Vergrösserung). Ausserdem fällt noch ein ziemlich kompakter Faserzug auf, der sich aus dem basalen optischen Kern kaudalwärts in die Richtung der Okulomotoriusfaserzüge begibt, um dann zwischen den einzelnen Faserbündeln des dritten Nerven dorsalwärts zu verschwinden (Abb. 2, ad N. III. !). Ergänzend dazu möchte ich eine ähnliche Feststellung beim *Sciurus vulgaris* an einer frontalen Markscheidenserie aus dem Niederländischen Zentralinstitut für Hirnforschung, erwähnen. Beim *Sciurus* habe ich einen scheinbar identischen Faserzug finden können, der aus dem, bei diesem Tier besonders schön ausgebildeten, basalen optischen Kern medio-dorsal in die Richtung der Okulomotoriusfasern zieht. Diese beiden offenbar homologen Faserzüge konnten nur eine relativ kurze Strecke verfolgt werden.

Die BIELSCHOWSKY-serie demonstriert in sehr klarer Weise den weiteren Verlauf des inneren Schenkels des Tractus peduncularis transversus.

Dieser bildet im Inneren des Mittelhirns ein rundes, scharf abgegrenztes und zellreiches Bündel, das die Okulomotoriusfaserzüge in ihrem Verlauf begleitet und sich in gleicher Weise, wie an den Marchiserien, verfolgen lässt. Sein Anschluss an den oberen Rand der Substantia nigra ist sehr anschaulich dargestellt. (Abb. 1., nu. tr. p. tr. m.)

Der eigentliche basale Kern ist in seiner maximalen Ausbreitung besonders klar an der horizontalen BIELSCHOWSKY-serie darstellbar. Er hat eine ovale Form und erstreckt sich dem Rande des Pedunculus entlang von vorne nach hinten. Typisch für sein Aussehen ist der Gefässreichtum und die zahlreichen stark gewundenen Fasern. (Abb. 2—4.)

Im NISSL-bild präsentiert er sich als ein deutlich abgrenzbarer Kern, der ziemlich zahlreiche Ganglienzellen enthält. Es sind dabei ausser grösseren polygonalen Ganglienzellen auch solche von kleinerer und mehr ovaler Gestalt zu sehen. Der innere Schenkel des Tractus peduncularis transversus ist so zellreich, dass er wie eine Kernsäule imponiert. Er enthält grössere polygonale und kleinere lanzettförmige Zellen. Dieser Zellreichtum fällt besonders in der unteren Hälfte des inneren Schenkels, bis zur Höhe des Bündels der medialen Schleife reichend, auf. Im weiteren Verlauf des Faserzuges nimmt die Zellzahl etwas ab, aber solche typischen Zelleinsprengungen sind eigentlich im ganzen Verlauf des Bündels zu finden. Gegen das Ende des Faserzuges nehmen die grösseren polygonalen Ganglienzellen an Zahl und Grösse etwas zu und die Dichte der Fasern ab, so dass am Ende ein kernartiges Gebilde zu erkennen ist, das sich am oberen Rand der Substantia nigra, unterhalb der Zellgruppen des Geniculatum internum zu den Zellmassen der Substantia nigra gesellt und mit diesen zusammenfliesst. Die gleichen Verhältnisse sind auch an der KATO-Silberserie zu finden.

Die Faserverhältnisse im basalen optischen Kern erinnern sehr an solche der Vögel und der Reptilien. Für den eigentlichen basalen Optikuskern sind besonders die zahlreichen und stark gewundenen dicken Fasern charakteristisch, die auf den Abbildungen 3 und 4 so anschaulich zu sehen sind. Im eigentlichen inneren Schenkel des Tractus peduncularis transversus sind diese Fasern streng in einem runden Bündel angeordnet. An den Frontalschnitten sieht man nur eine kurze Strecke weit eine fächerförmige Ausbreitung seiner Fasern unterhalb des Faserzuges der medialen Schleife, entsprechend der Stelle, wo im Marchibild (horizontale Serie) eine kleinere Kernmasse aus dem optischen Bündel durch die Fasern der medialen Schleife abgespalten wird. Im weiteren Verlauf verhält sich das optische Bündel vollkommen einheitlich, bis zu seiner Auflösung in einem Kern am oberen lateralen Rand der Substantia nigra.

Unterwegs scheint dieses optische Bündel mit verschiedenen Systemen in Berührung zu kommen, ohne dass man aus diesen Verhältnissen spezielle Schlüsse ziehen kann. Es fällt aber im inneren Schenkel des Tractus peduncularis transversus besonders ein Faserzug auf, der nicht weit vom basalen Kern aus diesem Bündel fächerförmig in frontale Rich-

tung zieht und dessen weiterer Verlauf nur eine kurze Strecke zu verfolgen ist.

Cavia cobaja.

Bielschowsky, horizontal.

Abb. 1.

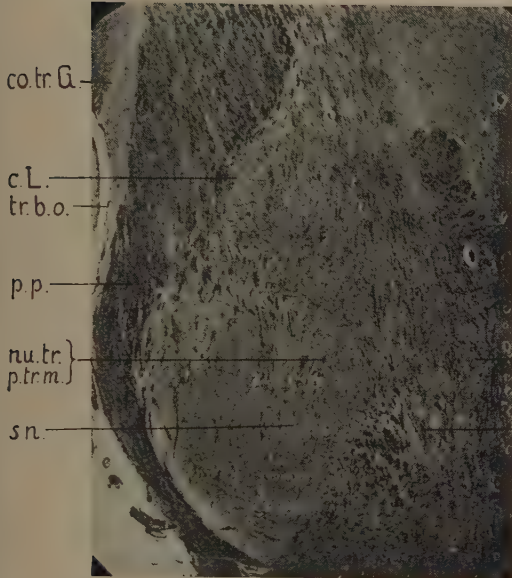


Abb. 2.

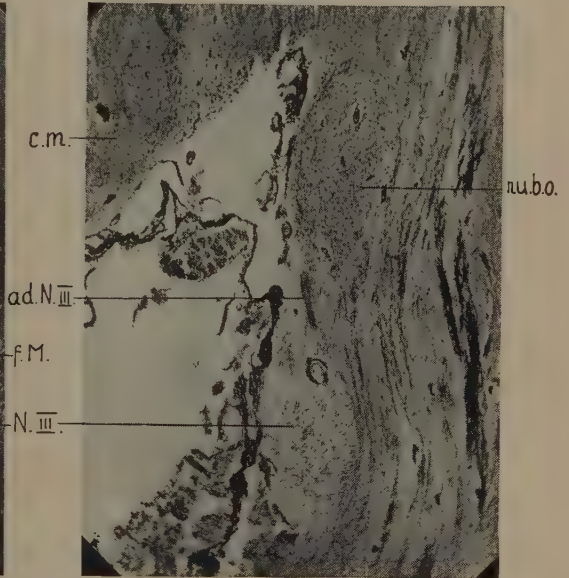


Abb. 3.

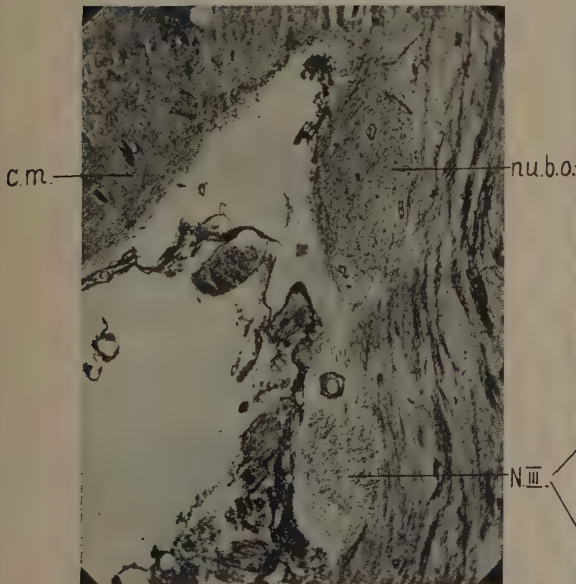
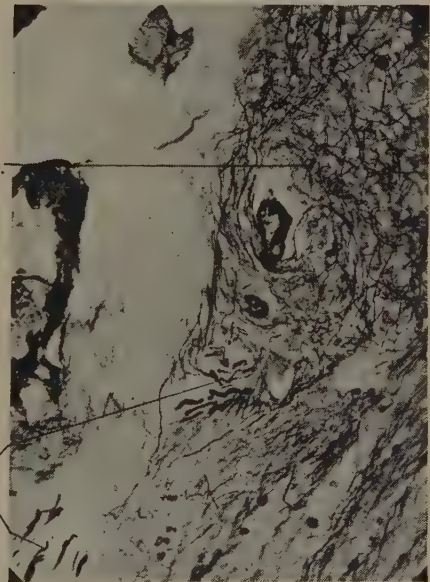


Abb. 4.



Aus unseren oben angegebenen Untersuchungsbefunden können wir bestimmte Schlüsse in Bezug auf die Existenz des basalen Optikusbündels und seiner Verbindungen ziehen. Die basale Wurzel als solche lässt sich sehr klar nachweisen, nämlich als basaler Bestandteil des Chiasma und der beiden Tractus optici. In den letzteren befindet sie sich ventral von der Commissura Gudden, durch welche sie vom Hauptteil des Tractus opticus getrennt ist. Bei den niederen Wirbeltierklassen begeben sich ihre Fasern auf dem kürzesten Weg kaudalwärts zum basalen Kern in unmittelbarer Nachbarschaft der Okulomotoriusaustrittsstelle an der Basis des Mittelhirns, sich hauptsächlich in der Horizontalebene ausbreitend. Nur die für Säugetiere typische und in der aufsteigenden Entwicklungsreihe zunehmende Pedunkulusbildung gibt dem Verhalten der optischen Fasern in ihrer Wegerichtung zum Oculomotorius eine besondere Note, indem sie das Pedunkulusrelief umfassen müssen.

Die in meiner vorangegangenen Arbeit angegebenen Befunde an den Marchiserien (Proceedings Vol. XXXVIII, S. 767) demonstrieren in anschaulicher Weise den Modus dieser Verbindung. Die Fasern ziehen aus der ventralen Optikuswurzel herunter und kaudalwärts und breiten sich als eine dünne Schicht an der Basis des frontalen Abschnittes des Pedunculus aus, biegen um die untere Wölbung des Pedunculus herum und gelangen so zum basalen optischen Kern. (l.c., Abb. 1—3.) Da diese dünne Schicht an einigen nacheinander folgenden Präparaten bei gewisser Verschiebung ihrer Lage an den Schnitten immer wieder erscheint, spricht dieses topographische Verhalten dafür, dass diese Schicht relativ breit, aber sehr flach und deshalb makroskopisch kaum erkennbar ist. Die Tatsache, dass die Fasern an Frontal- und Horizontalschnitten aus dem optischen Faserzug ventral von der Commissura transversa Gudden zur Basis ziehen und dass diese Wurzel kaudalwärts mit dem Abgang der einzelnen Fasern zum basalen Kern immer an Intensität abnimmt und schliesslich ganz verschwindet, spricht dafür, dass die optischen Fasern zum basalen Kern an der Oberfläche des Pedunculus aus dieser Wurzel stammen. Damit haben wir die unmittelbare und kürzeste Verbindung zwischen dem basalen optischen Bündel im Chiasma und im Tractus opticus mit dem oben so ausführlich beschriebenen basalen Kern in der Nähe der Austrittsstelle des Oculomotorius nachgewiesen. Zur Vervollständigung unserer Vorstellungen über das topographische Verhalten der Fasern der basalen Optikuswurzel auf ihrem Wege vom Tractus opticus zum basalen Kern ist noch zu erwähnen, dass es ausser der breiten superficialen Faserschicht, die die untere Kuppe des Pedunculus bogenförmig umfasst, um dann an den basalen optischen Kern zu gelangen (l.c., Abb. 1—2.), auch solche Fasern gibt, die aus dem Hauptbündel an der Basis der Commissura Gudden auf dem direkten Wege zum basalen Kern gelangen, die äussere Schicht der Pedunkuluswölbung durchbohrend. (l.c., Abb. 2.)

Zum Verständnis der Natur dieser basalen Wurzel möchte ich ihre typischen Merkmale hervorheben: Zugehörigkeit zum basalsten Abschnitt

des Chiasma; ventrale Lage im Tractus an der Basis der Commissura Gudden; die Orientierung auf die Austrittsstelle des Nervus oculomotorius hin, mit welcher sie in einen engen Kontakt kommt; das Verbleiben an der Basis des Thalamus, mit optimaler Verbreiterung in der Horizontalebene fronto-kaudalwärts. Alle diese typischen topographischen Merkmale finden wir bei der basalen optischen Wurzel der niedrigen Wirbeltierklassen: Amphibien (WLASSAK, '93), Reptilien (FREY, '33) und Vögeln (FREY, '33). Dies gibt uns das Recht, *das oben beschriebene Verbindungssystem als Homologen der basalen optischen Wurzel der Amphibien, Reptilien und Vögel zu betrachten*. Dieser Homologienachweis hat selbstverständlich die volle Wirkung auch auf den basalen optischen Kern, Endstätte dieser Bahn. Tatsächlich ist die Homologie der Lageverhältnisse dieses Kernes beim Meerschweinchen mit solchen der niedrigeren Tierklassen eine vollkommene. Seine topographischen Beziehungen zur Austrittsstelle der Okulomotoriuswurzel, sein Aufbau, seine Beziehungen zum Corpus geniculatum mediale bestätigen restlos diese Homologie. Nur die letzterwähnten Beziehungen verlangen eventuell eine Erörterung. Ich habe bereits bei Reptilien und Vögeln nachgewiesen, dass für die basale optische Wurzel die ventrale Lage in Bezug auf die Commissura Gudden und beim basalen optischen Kern eine ähnliche nächste Nachbarschaft in Bezug auf den Kommissuralkern (Corp. genic. mediale) typisch sind. Nur finden wir beim Meerschweinchen das Corpus genicul. mediale weit oben entfernt und durch die mächtigen Fasermassen des Pes pedunculi vom basalen optischen Kern getrennt. Dies kann aber in keiner Weise als ein Widerspruch zu unserer Charakteristik der Topographie dieser Gebilde gelten, sondern als eine Bestätigung dienen, wenn man die phylogenetische Entwicklung des Pedunculus in Erwägung zieht. Bei Reptilien liegt der Kommissuralkern (Geniculatum mediale) unmittelbar oberhalb des basalen Optikuskernes. Etwas medial von diesen Ganglien und auf der gleichen Höhe befindet sich der mächtige Tractus strio-thalamicus, s. Pedunculus ventralis. Bei Vögeln sind diese Kerne gegen die Basis verschoben und der Tractus strio-thalamicus befindet sich dorsal davon. Der Tractus strio-thalamicus stellt auf dieser phylogenetischen Stufe ein Analogon der Anlage des Pedunculus cerebri der Säugetiere dar. Mit der Zunahme der Pedunculusmassen in aufsteigender Entwicklungsreihe keilt er sich zwischen beiden Kernen ein. Der basale Optikuskern bleibt wegen seiner topographischen Verbundenheit mit der Okulomotoriuswurzel an der Basis des Mittelhirns liegen, während das Corpus geniculatum mediale durch den an Grösse zunehmenden Pedunculus dorso-lateralwärts verschoben wird.

Schliesslich müssen wir das System der sekundären Verbindungen des basalen optischen Kernes eingehend erläutern. Als eine Ergänzung zu meinen Befunden bei Reptilien möchte ich jetzt eine neu von mir festgestellte Verbindung bei den Schlangen (*Crotalus horridus* und *Ancistridon contortrix*) angeben. Diese zieht aus dem vorderen Abschnitt des

basalen optischen Kernes am Rande des Mittelhirns dorsalwärts und ist über das Corpus geniculatum mediale in die Richtung des Armes der hinteren Vierhügel zu verfolgen.

Zur Frage der Existenz der sekundären Bahnen aus dem basalen optischen Kern erlauben meine Untersuchungen am Meerschweinchengehirn die Annahme von mindestens drei sekundären Verbindungen aus diesem Kern: 1. Die Bahn zu den Bündeln des Nervus oculomotorius, die bis jetzt noch nicht bis zu ihrem Ende verfolgt werden konnte. 2. Der nach innen verlaufende, sehr zellreiche Faserzug, der scheinbar auch eine nähere Fühlung mit der Faserung der medialen Schleife hat und hier eine kleine Zellgruppe abspaltet (Marchibefund). Die Hauptfaserung dieser Bahn begibt sich dorso-lateralwärts zum Rand der Substantia nigra, zu deren Zellen der Endkern dieser Bahn sich gesellt (Abb. 1.). 3. Der Faserzug an der lateralen Oberfläche des Mittelhirns, der dorsokaudalwärts zieht und bis zur Basis des Corpus geniculatum internum verfolgt werden konnte.

Bei der ersten sekundären Bahn würde es sich um die Fasern handeln, deren wahrscheinlicher Weg zum Okulomotoriuskern führt. Möglicherweise ziehen sie in der nächsten Nachbarschaft der Okulomotoriusfasern, aber in entgegengesetzter Richtung. Da die Okulomotoriusfasern stets Marchischollen enthalten, wären vielleicht die optischen Fasern schwer an den Marchipräparaten zu verfolgen. Ich habe den Abgang ähnlicher Fasern auch beim *Sciurus vulgaris* gesehen. Auch bei *Didelphys marsupialis* war solcher Befund zu erheben. Die Erfahrungen über die Existenz einer direkten Verbindung zwischen dem basalen Optikuskern und dem Okulomotoriuskern bei Amphibien, Reptilien und Vögeln zwingen uns zur Annahme, dass bei Säugetieren ebenfalls eine solche Verbindung besteht. Interessanterweise hat PERLIA (v. GRAEFE'sches Archiv f. Ophthalm., Bd. 35) bereits mit Marchimethode die Existenz einer direkten Verbindung zwischen dem basalen optischen Kern und dem Okulomotoriuskerngebiet nachgewiesen (l.c., Taf. IX, Fig. 3). Leider fand sein Befund später keine Bestätigung und wurde von den Autoren sogar als ein Irrtum betrachtet. Es scheint mir, dass es jetzt Gründe genug gibt, auch bei Säugetieren diese Verbindung mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen und es nur eine Frage der Zeit und vorwiegend eine technische Aufgabe ist, diesen Befund als ganz gesichert zu betrachten.

Der sehr zellreiche Faserzug aus dem optischen Kern zum unteren Abschnitt der medialen Schleife und weiter dorso-lateralwärts bis zum oberen Rand der Substantia nigra war bis jetzt bereits bekannt und wurde als innerer Bestandteil des Tractus peduncularis transversus angesehen, nur wurde seine Endstätte bis jetzt nicht mit Sicherheit nachgewiesen.

BECHTEREW ('99) gab im Winkel zwischen dem Nucleus ruber und der Substantia nigra einen kleinen konischen Kern als Endstätte des Tractus peduncularis transversus an. Von manchen Autoren werden in den Kernmassen an der Basis des Mittelhirns zwei Kerne unterschieden: ein dorsaler

und ein ventraler. Aus der vergleichend — anatomischen Betrachtungsweise und auf Grund des daraus folgenden Homologienachweises bin ich geneigt, den basalen Kern mit seinen typischen und bei allen untersuchten Wirbeltierklassen konstanten topographischen und anatomischen Verhältnissen als den eigentlichen Endkern der basalen Optikswurzel und als den Hauptkern des ganzen Systems seiner Verbindungen zu betrachten. Den dorsal davon gelegenen Abschnitt möchte ich trotz seines Zellreichtums nicht als einen Kern ansehen und aus dieser ganzen inneren Verbindung nur zwei kernartige Endpunkte isolieren: den kleinen Kern im Anschluss an die Fasern der medialen Schleife und den Endkern am oberen Ende der Substantia nigra.

Die dritte sekundäre Verbindung aus dem basalen optischen Kern am Rande des Mittelhirns zur Basis des mittleren Abschnittes des Corpus geniculatum mediale verdient unsere besondere Aufmerksamkeit, da diese am ehesten mit dem bis jetzt in der anatomischen Terminologie noch von GUDDEN eingeführten Bezeichnung „Tractus peduncularis transversus“ identisch sein mag. Nur ist dieser Faserzug beim Meerschweinchen so wenig voluminös, dass sein makroskopischer Nachweis kaum möglich ist. Vom klassischen Tractus peduncularis transversus ist es aber bekannt, dass er bei vielen Tieren makroskopisch gut unterscheidbar ist. Ausserdem ist noch zu betonen, dass der Tractus peduncularis transversus Guddens nach diesem Autor eigentlich den vorderen Rand der vorderen Zwielhügel mit unserem basalen Kern verbindet. Diesen Faserzug haben wir aber beim Meerschweinchen an unseren normalen, sowie auch Marchiserien nicht unterscheiden können. Bei *Xantharpya amplexicaudata* und bei *Didelphys marsupialis* haben wir ebenfalls nur eine Beziehung des entsprechenden Faserzuges zum Corpus geniculatum mediale, resp. seinem Arm feststellen können (an normalen frontalen Markscheidenserien).

An den horizontalen Marchiserien des Kaninchens sah ich einen deutlich an der Oberfläche des Mittelhirns vorspringenden Wulst des Tractus peduncularis transversus Guddens, der tatsächlich den basalen optischen Kern mit dem vorderen Rand der vorderen Vierhügel verbindet. Dass dieser Faserzug nicht einfach mit aberrierenden Traktusfasern zu identifizieren war, zeigt vor allem die besondere Struktur seiner Fasern, die viel schwächer myelinisiert und weniger dicht gelegen waren, als die eigentlichen Traktusfasern. Nach WINKLER ('11 und '14) hat beim Kaninchen der Tractus peduncularis transversus Beziehungen zur Commissura Gudden, bei der Katze aber zum Tectum opticum. Wir können vorläufig daraus schliessen, dass es gegenwärtig nicht möglich ist, genau diesen Faserzug zu identifizieren, der bis jetzt Tractus peduncularis transversus genannt wurde. Es scheint mir, dass wahrscheinlich die beiden sekundären Verbindungen zum Tectum und zum Fasersystem des Corpus geniculatum mediale, resp. seines Armes, vorhanden sein können, da wir aus den Untersuchungen SHANKLIN's ('30 und '33) beim Chamaeleon wissen, dass zahlreiche sekundäre Verbindungen aus dem basalen Optikuskern zu ver-

schiedenen Systemen im Mittelhirn führen und dadurch dem Okulomotoriuskerngebiet Korrelate von verschiedenen Reizqualitäten via diese optische Reflexbahn übermitteln. Das ist meine vorläufige Auffassung, die ich später bei mehreren Säugetierarten allgemein zu fundieren hoffe.

Viel wichtiger scheint mir die Möglichkeit des sicheren Nachweises der eigentlichen basalen optischen Wurzel und deren Differenzierung vom Tractus peduncularis transversus der Autoren zu sein. Aus meiner oben angeführten eingehenden Beschreibung möchte ich die Auffassung vertreten, dass die Auslegung von MARBURG über die Homologie des Tractus peduncularis transversus mit der basalen optischen Wurzel der niederen Wirbeltiere insofern zu revidieren sei, als der bis jetzt Tractus peduncularis transversus genannte Faserzug nicht die eigentliche basale optische Wurzel der niederen Tiere ist, sondern als eine sekundäre Verbindung aus dem Endkern derselben aufgefasst werden muss. Eine andere sekundäre Verbindung aus dem gleichen Kern stellt dann nach meiner Auffassung der innere Schenkel des Tractus peduncularis transversus dar, der Beziehungen zur medialen Schleife und zur Substantia nigra hat. Aus meinen Marchibefunden ist zu schliessen, dass an der Basis des Pedunculus vor dem Endkern die basale Wurzel sich eng an die sekundären Fasern anlegt, so dass aus den Frontalschnitten allein eine sichere Differenzierung in meinem Sinne bis jetzt nicht gut möglich war. Nur die horizontale Marchiserie hat dies gezeigt.

Aus meinen Ausführungen über die charakteristischen Eigenschaften der basalen Wurzel und ihrer Lageverhältnisse in Bezug auf den Tractus opticus und die Commissura Gudden ergibt sich von selbst, dass die basale Wurzel eigentlich dem grössten Teil des Fasciculus accessorius optici anterior BOCHENEK's entspricht. Ich habe nachgewiesen, dass der Hauptbestandteil der Fasern des ventral von der Commissura Gudden liegenden optischen Bündels sich zum basalen optischen Kern begibt und dass nur vereinzelte Fäserchen durch die Pedunkulusbündel in die Richtung des Corpus Lyus, im Sinne BOCHENEK's, abgehen. Andererseits ist es auch ganz klar, dass das Corpus Lyus in keiner Weise als der basale optische Kern (Ganglion ectomammillare EDINGER's) angesehen werden darf. Die Identität des letzteren bei Säugetieren scheint mir mit Sicherheit nachgewiesen zu sein.

Was die allgemeine Konzeption der Natur des basalen optischen Bündels betrifft, so möchte ich hervorheben, dass bei ARIËNS KAPPERS ('21) eine Definition dieses Bündels zu finden ist, die sich vollkommen mit den Ergebnissen meiner Untersuchungen deckt. So schreibt ARIËNS KAPPERS (l.c., S. 900): „Ausser dem eigentlichen Tractus opticus enthält der Tractus peduncularis transversus Sehnervenfaser, welche (bei Ungulaten, Nagern, Karnivoren und Affen) nach der Kreuzung, basal verlaufend, sich zwischen Pes pedunculi und Corpus mammillare in dem Nucleus tract. peduncul. transversus, wahrscheinlich dem Homologon des Ganglion opticum ventrale der Vögel, verliert.“ Zu dieser Schilderung ist nur noch zu bemerken, wie es

sich aus meinen Befunden ergibt, dass die zum vorderen Rand der vorderen Zweihügel, resp. zur Basis des Corpus geniculatum internum, ziehenden Fasern des klassischen Tractus peduncularis transversus der Autoren nicht mehr die basale optische Wurzel im engeren Sinne darstellen, sondern als sekundäre Verbindungen aus dem basalen optischen Kern, Endstätte der eigentlichen basalen Optikuswurzel, angesehen werden dürfen. Schliesslich finden wir bereits bei KOELLIKER ('96) die Meinung vertreten, dass der Tractus peduncularis transversus seine Ursprungsstelle an ventraler Seite des Gehirns besitzt und dass der im vorderen Vierhügel sich verlierende Strang das Ende desselben darstellt. (l.c., S. 608).

ABKÜRZUNGEN:

nu. b. o.	= Nucleus basalis opticus.
nu. tr. p. tr. m.	= Nucleus tractus peduncularis transversus medialis.
nu. r.	= Nucleus ruber.
c. L.	= Corpus subthalamicum Lyusi.
s. n.	= Substantia nigra.
c. m.	= Corpus mammillare.
tr. b. o.	= Tractus basalis opticus.
p. p.	= Pes pedunculi.
f. M.	= Fasciculus Meynert.
co. tr. G.	= Commissura transversa Gudden.
N. III.	= Nervus oculomotorius.
ad N. III.	= ad Nervus oculomotorius.

LITERATURVERZEICHNIS.

- BECHTEREW, W., 1899. Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark. Leipzig.
- BOCHENEK, A., 1908. Ueber die zentrale Endigung des Nervus opticus. Anz. d. Akad. d. Wissensch. zu Krakau.
- FREY, EUGEN, 1933. Ueber die basale Optikuswurzel und die kaudalen Verbindungen der Commissura transversa Gudden der Reptilien. Proc. Kon. Akad. v. Wetens. te Amsterdam, Vol. XXXVI, S. 217.
- 1933. Ueber die basale Optikuswurzel und die kaudalen Verbindungen der Commissura transversa Gudden der Vögel. Proc. Kon. Akad. v. Wetens. te Amsterdam, Vol. XXXVI, S. 351.
- KAPPERS, C. U. ARIËNS, 1921. Die vergleichende Anatomie des Nervensystems. Abs. 2, Haarlem.
- KOELLIKER, A., 1896. Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 6. Ed., Bd. II, Leipzig.
- PERLIA, 1899. Die Anatomie des Okulomotoriuszentrums. Graefes Arch., Bd. 35.
- SHANKLIN, W. M., 1930. The central nervous system of Chameleon vulgaris, Acta zool., Bd. 11.
- 1933. The comparative neurologie of the nucleus opticus tegmenti with special reference to chameleon vulgaris. Acta zool., Bd. XIV.
- WINKLER, C. and POTTER, A., 1911. An anatomical guide to experimental researches on the rabbit's brain. Amsterdam.
- 1914. An anatomical guide to experimental researches on the cat's brain. Amsterdam.
- WLASSAK, R., 1893. Die optischen Leitungsbahnen des Frosches. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. Suppl.

Anatomy. — *Ueber den Nucleus magnocellularis periventricularis bei Reptilien und Vögeln.*¹⁾ Von TOSHIYUKI KUROTSU (Kaiserl. Universität Osaka). Aus dem Niederländischen Zentralinstitut für Hirnforschung. (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS.)

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

Der Fortschritt der experimentellen Untersuchungen über das autonome Nervensystem hat die feinere histologische Forschung des Hypothalamus der Säuger in den letzten Jahrzehnten stark angeregt. Ausser den Säugern sind auch die Fische öfters untersucht worden. Demgegenüber ist aber unsere Kenntnis des Hypothalamus der Sauropsiden noch unvollkommen.

Seit diesem März habe ich auf Anregung von Prof. ARIËNS KAPPERS versucht die Phylogenese des Hypothalamus der Sauropsiden zu studieren. In der vorliegenden Arbeit ist namentlich der Nucl. magnocellularis periventricularis i.w.S. behandelt.

RÖTHIG (1911) ist der Meinung, dass die Ganglia optica basalia (Nuclei supraoptici) der Säuger auf den Nucl. praeopticus der niederen Vertebraten zurückzuführen seien und dass der Nucl. magnocellularis thalami (peri- oder paraventricularis anderer Autoren) der Säuger sich wahrscheinlich aus dem Nucl. praeopticus herleite. Dasselbe wurde von ARIËNS KAPPERS (1934) bei Reptilien betont. Nach SCHARRER (1934) entspricht der Nucl. magnocellularis praeopticus der Fische und Amphibien dem Nucl. magnocellularis periventricularis bei höheren Wirbeltieren.

Um die topographischen Verhältnisse der in Betracht kommenden Kerne bei verschiedenen Tieren leichter vergleichen zu können, habe ich die Distanz zwischen dem oralen Ende des Recessus praeopticus und dem vorderen Rand des N. oculomotorius an seiner Austrittsstelle als Konstant angenommen. Als Bodenlinie habe ich die ventrale Fläche des Infundibulums und ihre orale Fortsetzung unter das Chiasma in der Medianebene gewählt und als gerade Linie dargestellt. Die Kontur der Kerne wird dadurch in den Diagrammen etwas verschieden von der Wirklichkeit, indem sie das eine Mal etwas zu hoch, das andere Mal etwas zu niedrig dargestellt sind. Um die Beziehung der Kerne in der horizontalen Ebene zu vergleichen, sind in ähnlicher Weise Diagramme angefertigt worden.

Als Material wurden folgende Serien des Institutes für Hirnforschung benutzt: *Reptilien*: *Dammonia subtrijuga* (W—P)²⁾, *Chelone mydas*

¹⁾ Diese kleine Abhandlung möchte ich der Seele meiner Frau, die während meines Aufenthaltes in Amsterdam in Kyoto gestorben ist, widmen.

²⁾ W—P = Weigert-Pal Präparate. V—G = Van Gieson Präparate. W—P—P = Weigert-Pal Parakarmin Präparate. N = Nissl Präparate. H—H = Heidenhains Haematoxylin Präparate.

(W—P—P; V—G.), *Crocodilus porosus* (W—P—P; V—G.), *Lacerta agilis* (N), *Hydrosaurus salvator* (H—H), *Crotalus horridus* (N.); Vögel: *Casuaris australis* (W—P—P; V—G.), *Struthio spec.* (W—P; V—G), *Gallus domesticus* (W—P—P; N), *Columba domestica* (W—P—P; N), *Melopsittacus undulatus* (W—P—P; N), *Emberiza citrinella* (W—P—P), *Passer domesticus* (W—P—P; N).

Ausserdem sind noch einige Serien von Fischen, Amphibien und Säugern zum Vergleich herangezogen worden.

Nucl. magnocellularis praeopticus et supraopticus.

Die Verbindungen des praeoptischen Kernes bei Fischen sind durch die Arbeiten von JOHNSTON (1902), ARIËNS KAPPERS (1906), DAMMERMAN (1910) und HOLMGREN (1920) schon bekannt.

Diese Autoren haben nachgewiesen, dass die Neuriten dieses Kernes zum Infundibulumboden ziehen. DAMMERMAN hat gezeigt, dass dieselben an den Gefässen des Saccus vasculosus und der Hypophyse und HOLMGREN, dass sie auch an den Drüsenzellen der Hypophyse endigen. ARIËNS KAPPERS (1921) hat auf die reichliche Blutversorgung dieses Kernes hingewiesen und die mögliche Beziehung dieser Erscheinung mit einer inneren Sekretion betont. SCHARER (1928 u.a.) hat in diesem Kerne sekretorische Zellen gefunden, die gewisse autonome Erscheinungen, z.B. Farbwechsel, Häutung beeinflussen dürften.

Abspaltung von Zellgruppen dieses Kernes und ihre Verschiebung in der Richtung des Verlaufs ihrer Axonen (Tractus praethalamo-hypophyseos et saccularis), nach den Effektoren also, ist von ARIËNS KAPPERS (1927) und CHARLTON (1932) beobachtet worden.

Diese Erscheinung kommt nicht nur bei Fischen, sondern auch bei Reptilien (Fig. 5—7) vor, indem der orale Teil entlang der Seitenwand des Recessus praeopticus liegen bleibt (mehr senkrecht angeordnet), aber die kaudalen Zellen sich ventrolateralwärts verlagert haben und ziemlich flach auf dem Tractus opticus liegen.

Der erstgenannte Teil ist bei *Chelone* nicht ganz grosszellig, nur sein ventrolateraler Abschnitt („a“ von RÖTHIG) besteht (Fig. 5) aus grossen Elementen. Beim Krokodil (Fig. 1 A) kann man auch einen medio-orale Nucl. magnocellularis praeopticus i.e.S. und einen ventro-kaudalen Nucl. supraopticus unterscheiden.

Lacerta hat zwei supraoptische Kerne, wovon der mediale teilweise noch mit dem Nucl. magnocellularis praeopticus i.e.S. verbunden ist. Eine mehr laterale Zellgruppe aber verlängert sich dorso-kaudalwärts um die laterale Fläche des Pedunculus cerebri herum und kommt auf der dorsalen Seite des letzteren mit dem Nucl. suprapeduncularis in Zusammenhang (Fig. 7 B; Foto 7). Bei diesem Tier ist der ventrale Teil des Nucl. magnocellularis praeopticus ebenso wie bei *Chelone* etwas in ventrokaudaler Richtung ausgezogen.

Bei einigen Singvögeln (Passer und Emberiza) fand ich zwei laterale Kerne (Fig. 1 B u. C). Der laterale davon liegt dicht auf dem Tractus

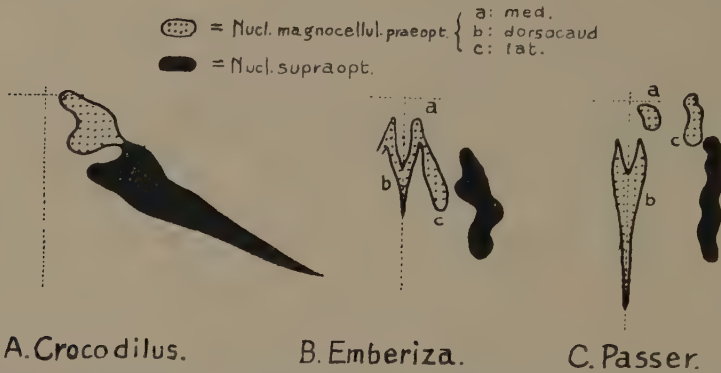


Fig. 1. Diagrammatische Darstellung des topographischen Verhaltens des Nucl. magnocellularis praeopticus in horizontaler Ebene. (Im gleichem Grössenverhältnis wie bei Fig. 5—10).

opticus und ist also ein wirklicher Nucl. supraopticus. Der zweite aber ist vom Tractus noch ziemlich weit entfernt. Bei *Emberiza* hängt er noch mit dem medialen Kern zusammen, beim Sperling ist er davon getrennt. Ich nenne ihn Nucl. magnocellularis praeopticus lateralis. Die Nucl. magnocellularis praeopticus lateralis und medialis liegen der Wand der dort eintretenden Arterien eng an.

Auch beim Strausz findet man zwei laterale Kerne (Foto 9 Au. B), aber beim Kasuar nur einen (Nucl. supraopticus). Bei diesen zwei Vögeln scheint der Nucl. magnocellularis praeopticus mit dem Nucl. magnocellularis periventricularis vereinigt zu sein. Darüber werde ich später sprechen. Bei den Singvögeln ist der Nucl. magnocellularis praeopticus medialis dorsokaudalwärts ausgezogen und vereinigt sich auf der dorsalen Seite des Recessus praeopticus mit dem anderseitigen Kerne (Fig. 1 B u. C).

Bei *Emberiza* ist die dorsokaudale Fortsetzung des Kernes noch mit dem ventro-oralen Teil verbunden aber beim Sperling hat er sich davon abgetrennt (Fig. 1 B u. C). Bei *Melopsittacus* ist diese Fortsetzung wenig entwickelt und bei der Taube bloss angedeutet. Ein kleiner Fortsatz am dorso-oralen Teil des Nucl. magnocellularis periventricularis beim Kasuar ist vielleicht mit dieser Fortsetzung homolog.

Der Nucl. magnocellularis praeopticus kann also in drei Richtungen auswachsen: ventrolateralwärts (Nucl. mag. praeopt. lat.; Nucl. supraopt.), dorsokaudalwärts (bei manchen Vögeln) und ventrokaudalwärts (bei *Lacerta*).

Nucl. magnocellularis periventricularis.

Bereits bei den Reptilien findet man diesen Kern hinter dem praeoptischen Kern. HUBER und CROSBY (1926) haben ihn bei Alligator missis-

sipiensis beschrieben. FREDERIKSE (1931) hat bei *Lacerta vivipara* seine innige Beziehung zum Nucl. juxtapeduncularis gezeigt. Ich möchte in dem Nucl. magnocellularis periventricularis der Reptilien und Vögel zwei Teile unterscheiden: einen vorderen Hauptkern und einen hinteren Nebenkern. Letzterer hat die eben genannte von FREDERIKSE beschriebene Beziehung zu dem Nucl. juxtapeduncularis. Der Hauptkern ist flach unter dem Ependym ausgedehnt und grösser als der Nebenkern. Der letztere ist schmaler und bildet sozusagen bloss einen dorsalen Rand des Nucl. parvocellularis periventricularis. Er liegt fast parallel dem Sulcus ventralis thalami, kann aber je nach seinem Entwicklungszustand sich auch ventral von dieser Furche ausdehnen.

Bei *Chelone* sind beide Kerne deutlich unterschieden und nur mittels eines aus kleinen und mittelgrossen Zellen zusammengesetzten Streifens verbunden (Fig. 5). Der Hauptkern beginnt etwas dorsal von der hinteren Hälfte des Chiasmas und streckt sich dorsokaudalwärts bis ventro-oral des Sulcus medius aus. Er ist ziemlich breit, aber die Zellen sind in der kaudalen Hälfte mehr locker angeordnet. Einige Zellen in der oralen Hälfte liegen subependymal, ihre Dendriten in die Ependymschicht schickend (Fig. 3). Die direkte Verbindung zwischen dem Nebenkern und dem Nucl. juxtapeduncularis konnte ich bei diesem Tiere nicht feststellen.

Bei *Dammonia* habe ich in dem Hauptkern viele mit Sekretropfen von verschiedener Grösse gefüllten Zellen gefunden (Fig. 2; Foto 1). Die

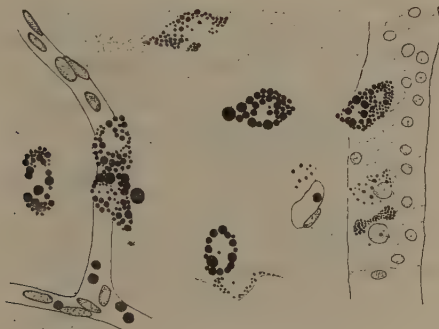


Fig. 2. *Dammonia*. Sezernierende Zellen aus den Hauptkern.

Zellen sind spindelförmig oder oval, wie auch bei den Säugern von LARUELLE beschrieben wurde. Die Tropfen sind im Weigertpräparat mit Haematoxylin und im VAN GIESONpräparat mit Pikrinsäure gefärbt. Einige Zellen liegen dicht an der Kapillarwand, andere sub- oder intraependymal. Man darf hieraus schliessen, dass ihr Sekret teils ins Blut teils in den Liquor eintreten dürfte. Diese Bilder stimmen mit den Befunden SCHARRERS (1934) bei anderen Tieren überein.

Bei *Dammonia* (W—P Serie) habe ich dicht unterhalb des Hauptkerns einige bipolare Zellen gesehen, deren Dendriten ich durch die Ependym-

schicht bis zur Ventrikelwand selber verfolgen konnte.¹⁾ Dort enden sie wahrscheinlich mit einem Endknopf (Fig. 4; Foto 4). Bei Säugern wurden von LARUELLE (1934) ebenfalls intraependymale Endigungen der



Fig. 3

Fig. 3. *Chelone*. Subependymale Nervenzelle (v. G. 188 X).



Fig. 4

Fig. 4. *Dammonia*. Nervenzellen aus d. Nucleus parvocellularis periv. (W—P. 188 X; vergl. Foto 4.)

Dendriten aus dem Nucl. periventricularis beschrieben. Er konnte dieselben aber nicht bis zum III-Ventrikellumen verfolgen.

Beim Krokodil folgt der Nebenkern dicht hinter dem Hauptkern, der einen aus kleineren Zellen zusammengesetzten Fortsatz über den Sulcus medius dorso-oralwärts schickt. (Fig. 6). In diesem Hauptkern treten viele bipolare Zellen von verschiedener Grösse hervor (Foto 2). Sie sind im allgemeinen senkrecht auf die III-Ventrikelwand gelagert und schicken einen Fortsatz in die Ependymschicht und den anderen (den Neuriten) nach der Peripherie. Auch im Nebenkern kommen solche Zellen vor. Sie sind hier sogar meistens noch etwas grösser als im Hauptkern und ihre periphere Fortsätze sind deutlich nach dem Pedunculus ventralis cerebri gerichtet. Diesen Fortsätzen entsprechend gibt es in dieser Gegend viele markhaltige Fasern, deren weiterer Verlauf aber unklar ist. Wahrscheinlich ziehen sie mit den Fasern vom „medial forebrain bundle“ weiter nach hinten.

Bei der Eidechse verbindet eine kleinzellige Brücke den dorsokaudalen Teil des Nucl. magnocellularis praeopticus einerseits und den dorso-oralen Teil des Hauptkerns anderseits (Fig. 7 A). Dieses Zwischenstück erstreckt sich dorsalwärts über den Sulcus medius und vereinigt sich mit dem ventromedialen Teil des Nucl. anterior medialis von FREDERIKSE.²⁾ Diese Neigung des Nucl. praeopticus und des Nucl. periventricularis sich dorsalwärts auszudehnen ist recht bemerkenswert.³⁾

¹⁾ Ich nehme mit meinem Schüler I. Katayama an, dass der Zellleib der Nervenzellen im erregten Zustand acidophil reagiert. Wenn das Tier in Chloroformnarkose getötet ist, sind die Mitralzellen mit Eosin färbbar, aber wenn es ohne Narkose getötet ist, bleiben sie ganz ungefärbt.

²⁾ Dieser Autor (1931) hat eine kompaktere Anordnung der Nervenzellen dieses Kernes unter dem Ependym beobachtet.

³⁾ EDINGER (1906) hat bei Reptilien die dorsokaudale Auswachsung Nucl. magnocellularis periventricularis dorsalis genannt.

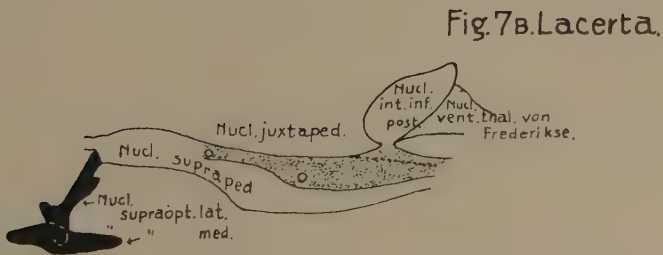
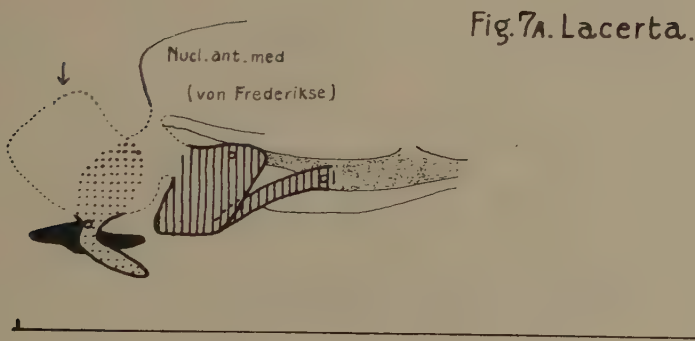
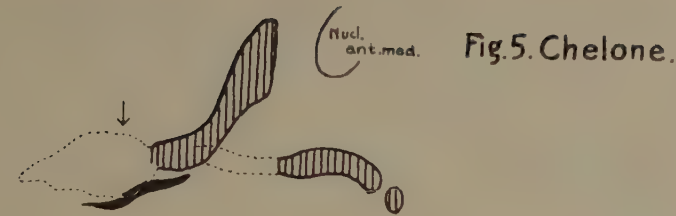


Fig. 5—7. Diagrammatische Darstellung des topographischen Verhaltens der im Text erwähnten Kerne in sagittaler Ebene bei Reptilien. Fig. 8—10. Idem bei Vögeln.

Voll schwarz = Nucl. supraopticus.

Grob punktiert = Nucl. magnocellularis praeopticus.

Fein punktiert = Nucl. juxtapeduncularis.

Vertikal gestreift = Haupt- und Nebenkern des Nucl. periventricularis.

Der Nebenkern ist mit seinem oralen Ende mit dem Hauptkern verwachsen und beide Kerne hängen mit ihrem lateralen Rand mit dem



Fig. 8 Casuarius.



Fig. 9A. Columba.

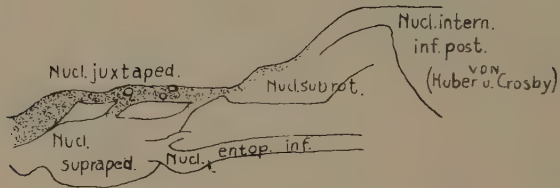


Fig. 9B. Columba.

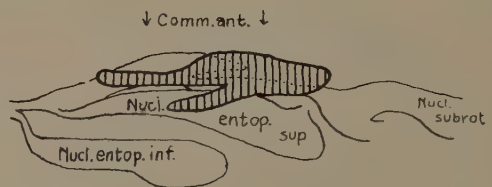
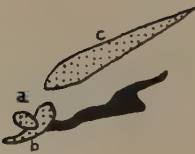


Fig. 10. Passer.

Nucl. juxtapeduncularis zusammen.¹⁾ Die dadurch geschaffene innige Beziehung zwischen dem periventriculären und dem Hirnschenkelkerne ist in physiologischer Hinsicht sehr interessant, weil man jenen zum autonomen und diesen zum extrapyramidalen System (SPATZ, 1927) rechnet.

Im Gebiet des Hauptkerns von *Crotalus* habe ich sehr viele intraependymale Nervenzellen gefunden (Foto 3). Dort wo eine Nervenzelle in der Ependymalschicht selber liegt²⁾, ist letztere manchmal verdünnt und in einigen Fällen ins Lumen hervorgewölbt.

Unter den Vögeln sind die Laufvögel mit einem stark entwickelten Nucl. magnocellul. periventricularis ausgezeichnet. Es scheint sogar, als ob hier der Nucl. magnocellularis praeopticus und periventricularis in einer grosser Kernmasse zusammenhängen. Das heisst, es sieht so aus, als ob die kleinzellige Brücke zwischen beiden Kernen der Eidechse in eine grosszellige umgewandelt wäre. Beim Kasuar zeigt dieser Kern Ähnlichkeit mit dem Nucl. magnocellularis praeopticus der Reptilien und der Singvögel. Er gleicht dem letzteren Kern der Eidechse in Bezug auf seine ventrokaudale Fortsetzung. Dann aber erinnert sein dorso-oraler Fortsatz (der dorsal vom Recessus eine Verwachsung mit dem anderseitigen aufweist) an die dorsokaudale Fortsetzung des Nucl. magnocellularis praeopticus bei den Singvögeln (Fig. 8). Dieser Teil ist jedoch beim Sperling infolge der kaudalen Verschiebung des Hauptkerns (Fig. 10) von diesem weit getrennt.

Beim Kasuar möchte ich die ganze Kernmasse einfach als Hauptkern bezeichnen. Sein dorsaler Teil dehnt sich etwas über den Sulcus medius hinaus und zieht sich am Sulcus entlang ziemlich weit nach hinten.

Der Nebenkern ist bedeutend oralwärts verschoben und fast an der lateralen Seite des Hauptkerns gelagert. Der dem Nebenkern gegenüber liegende Teil des Hauptkernes ist sehr verdünnt und erweckt den Eindruck, als ob der Nebenkern sich von jenem abgespaltet hätte. Wie bei der Eidechse ist der Nebenkern hier mit dem Nucl. juxtapeduncularis verwachsen. Ziemlich dicke markhaltige Fasern aus dem Nebenkern ziehen ventrolateralwärts in den ventralen Hirnschenkel hinein. Auch aus dem Hauptkern laufen dünne markhaltige Fasern ventrolateralwärts. Ein Teil davon endet wahrscheinlich im Nucl. supraopticus (Foto 6). Dieses Bild ist einer von GREVING von der Katze gegebenen Abbildung (1926, Fig. 8) sehr ähnlich.

Die grosse Ausdehnung des Hauptkerns der Laufvögel vom III-Ventrikelfoden bis über den Sulcus medius hängt vielleicht zusammen mit der enormen Entwicklung der Hypophyse bei diesen Tieren. Dieser Kern

¹⁾ Diese Stellen sind in Fig. 7—9 mit einem Kreis umrahmt.

²⁾ Ausser solchen Zellen hat AGDUHR (1922) auch neurosensorische Zellen beschrieben. Dieser Autor hat über ein sehr verbreitetes Vorkommen von intraependymalen Nervenzellen in Zentralkanal, im IV- und auch im Seitenventrikel berichtet. Im III-Ventrikel hat er aber solche Zellen nicht beschrieben.

sowie der Nucl. supraopticus zeigen eine starke Vascularisation (Foto 9A), wie es auch von CHARLTON (1932) und ARIËNS KAPPERS (1934) im Nucl. magnocellularis praeopticus der Fische beschrieben wurde.

Der Nucl. magnocellularis periventricularis des Huhnes und der Taube zeigt grosse Uebereinstimmung mit demselben Kern der Eidechse.

Der Hauptkern der Taube ist oberhalb des Sulcus medius direkt mit dem Nucl. internus superior von HUBER und CROSBY (1929) (das Homologon der medialen Verdichtung des Nucl. anterior medialis thalami FREDERIKSES) vereinigt (Fig. 9A; Foto 8A).

Wie bei Reptilien kommen auch im Hauptkern der Taube eigenartige bipolare Zellen vor. Diese Zellen sind bei diesem Tiere ganz auffallend angeordnet einem Sulcus entlang, der sich vom Sulcus medius absplattet und ventro-oralwärts im Recessus praeopticus endet (Foto 5 A u. B).

Diese Grube ist wahrscheinlich dem Sulcus limitans¹⁾ von HERRICK (1910) oder dem Sulcus intraencephalicus anterior von HALLER (1929) und KUHLENBECK (1931) zu vergleichen. Für Urodelen (1929) und Fische (1932) gibt CHARLTON an, dass der Nucl. magnocellularis praeopticus immer dorsal vom Sulcus limitans bleibt.

HUBER und CROSBY (1929) scheinen in ihrer ausführlichen Abhandlung dem Nucl. magnocellularis periventricularis bei verschiedenen Tieren verschiedene Namen gegeben zu haben. Beim Huhn haben sie die grosszelligen Gruppen in der praeoptischen Gegend je nach der Lage Nucl. magnocellularis interstitialis medialis, dorsalis, intermedius und lateralis genannt und den medialis weiter in drei Unterabteilungen, *a*, *b* und *c* geteilt. Meiner Nachprüfung nach entspricht ihr Pars *c* meinem Nebenkern, und ihr dorsalis meinem Nucl. juxtapeduncularis. Der Pars *c* ist nach den beiden Autoren dem weniger entwickelten Nucl. internus inferior anterior des Sperlings oder auch dem Nucl. magnocellularis strati grisei der Taube zu vergleichen. Da der letztere Kern aber nach ihrer Beschreibung mit dem Nucl. internus superior verbunden ist, soll er eher mit dem Hauptkern verglichen werden. In Wirklichkeit entspricht ihr Pars *b* meinem Hauptkern.

Bei der Taube ist der Nebenkern viel stärker entwickelt als bei den Reptilien und vereinigt er sich wiederholt mit dem Nucl. juxtapeduncularis (Fig. 9A; Foto 8B). Der ventrale Teil des Hauptkerns aber ist bei *Melopsittacus* stark reduziert, so dass der dorsale Teil nur wie ein in sagittaler Richtung ausgezogenes Band aussieht. Er ist ausserdem ziemlich kaudal verschoben. Der Nebenkern zeigt hier keine Verwachsung mit dem Nucl. juxtapeduncularis. Wie bereits von HUBER und CROSBY betont, ist der Nucl. magnocellularis periventricularis beim Sperling weniger entwickelt und dorsokaudalwärts verlagert.²⁾

Einen Nebenkern konnte ich bei diesem Tiere sogar nicht feststellen. Ich möchte indessen betonen, dass bei manchen untersuchten Tieren unter dem Ependym im kaudalen Abschnitt des Thalamus ventralis eine Gruppe von kleinen oder mittelgrossen Zellen vorkommt (Nucl. internus inferior

¹⁾ Nach KINGSBURY (1921) erstreckt sich aber der Sulcus limitans nicht bis zum Recessus praeopticus und wäre diese Nomenklatur also nicht richtig.

²⁾ Die Verlagerung ist in meinem Diagramm etwas stärker als in Wirklichkeit, infolge der schiefen Schnittebene dieses Materials.

posterior von HUBER und CROSBY), welche in ihrer Beziehung zum suprapedunculären Kernsystem dem Nebenkern sehr nahe steht. Sie ist bei der *Lacerta ventral* und bei der Taube latero-oral mit der vereinigten kaudalen Fortsetzung des Nebenkerns und des Nucl. juxtapeduncularis verbunden (Fig. 7 B, 9 B), welche Fortsetzung meiner Meinung nach dem Nucl. entopeduncularis superior von EDINGER und WALLENBERG vergleichbar ist. Der Nucl. entopeduncularis inferior hängt bei der Taube oral noch deutlich mit dem Nucl. suprapeduncularis zusammen, beim Sperling aber hat er sich fast vollständig von diesem Kerne freigemacht (Fig. 10).

Es ist nicht meine Absicht hier die Faserverbindungen dieser Kerne zu berühren. Die innige Beziehung des Nucl. magnocellularis praeopticus zur Hypophyse und zum Saccus vasculosus ist von vielen Autoren wiederholt nachgewiesen.

Auch ist die Beziehung der periventrikulären Kerne zum Riechsystem und zur Hypophyse allgemein angenommen, während ausserdem eine Verbindung mit dem Epithalamus mittels Fasern, welche sich dem Tractus olfactohabenularis hinzufügen, wohl annehmbar ist.

Die Anwesenheit von freien intraepithelialen Nervenendigungen im Mittellappen der Hypophyse hat PINES (1925) zur Meinung geführt, dass diese Fasern rezeptorisch sind, eine Auffassung, die nur als gesichert betrachtet werden kann, wenn man beweist, dass es sich hierbei um Dendriten handelt, wie HERRICK (1934) es für einige Hypophysefasern bei *Necturus* annimmt.

PINES meint, dass ausser der Hypophyse auch die Epiphyse eine reflektorische Funktion hat. Er (1927) glaubt, dass der Tr. epiphyseos neben anführenden sympathischen Elementen auch eferente Fasern enthält, welche durch die Taenia thalami Verbindungen haben mit den G. Habenulae und der Commissura posterior, also ähnlich wie beim Parietalauge niederer Tiere. Auf diesem Grunde nimmt er an, dass das Organ nicht nur als ein innersekretorisches sondern auch als Reflexorgan dient.

Bei denjenigen Tieren, wo das parietale Auge persistiert, ist dies sicher der Fall. VON FRISCH hat auf die Bedeutung des Parietalauges von *Phoxinus* für die Chromatophorenexpansion hingewiesen, und SCHARRER hält es für möglich dass die Zellen des Nucl. magnocellularis praeopticus dabei eine Rolle spielen.

Schliesslich möchte ich betonen, dass die bipolaren Zellen des Nucl. magno- und parvocellularis periventricularis Dendriten besitzen, die intra- oder supraependymal mit oder ohne Endknöpfe enden.¹⁾ Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Zellen irgend einen — physikalischen oder chemischen — Reiz aus dem Liquor perzipieren, ähnlich wie die Sinnesnervenzellen des Saccus vasculosus der Fische. Die Art des Reizes, der dort perzipiert wird, ist uns vorläufig unbekannt und ebenso, wohin er abgeleitet wird.

1) Zellen dieser Art konnte ich auch bei der Katze nachweisen.



1. *Dammonia*. Querschn. durch d. Hauptkern.
Sekernierende Zellen (W-P. 52 X).

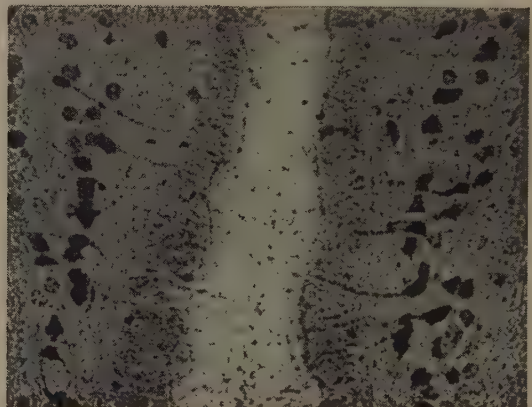
Sulc.
med.



2. *Crocodilus*. Querschn. durch d. Hauptkern.
Bipolare Zellen (V-G. 40 X).



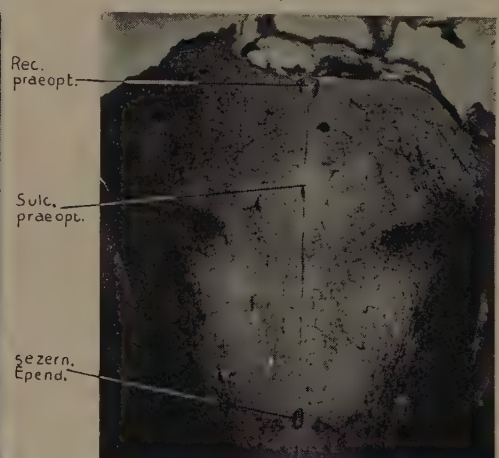
3. *Crotalus*. Querschn. durch d. Haupt-
kern. Intraepend. Nervenzellen (N. 250 X).



4. *Dammonia*. Querschn. durch d. Nucl. parvocellul. periv.
Dendriten bis zur Oberfläche d. Ependyms verfolgbar (W-P. 250 X).



5A. Taube. Horizontalschn. durch d. Hauptkern.
Nervenzellen um d. Sulc. praéopt. (W-P-P. 52 X).



5B. Taube. Horizontalschn. durch d. Zwischenhirn
(W-P-P. 12 X).

Rec.
praéopt.

Sulc.
praéopt.

sezern.
Epend.



Nucl. supraopt. Hauptkern

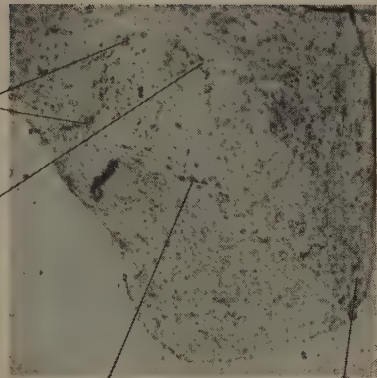
6. *Casuarius*. Querschn. durch d. Haupt- u. Nebenkeim. (W-P-P. 12 X).

dorsale Fort-
setzung des
Nucl. supraopt. lat.

Nucl. supraped.

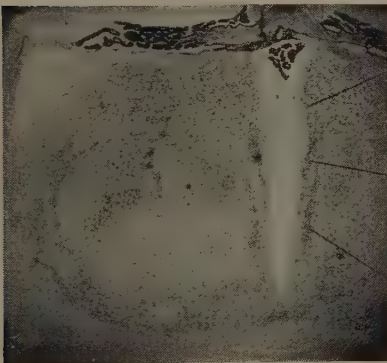
Nebenkeim

Comm.
supraopt. dors.



Nucl. supraopt. med. Nucl. magnocellul.
praeopt. pars ventrocaud.

7. *Lacerta*. Querschn. durch d. Verbindungs-
stelle d. Nucl. supraopt. lat. mit d. Nucl. supraped.
(N. 52 X).



Nucl. intern.
sup.

Hauptkern

Nebenkeim

8A. *Taube*. Querschn. durch d. Verbindungs-
stelle d. Hauptkerns mit d. Nucl. intern. sup. (N. 12 X).



9A. *Struthio*. Starke Vascularisation d. Kerne.
Hauptkern (W-P. 12 X).



Nucl. dorsomed.
ant.

Sulc. med.

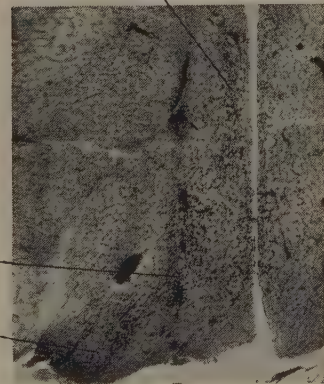
Nebenkeim

Nucl. magnocellul.
praeopt. lat.

Nucl. supraopt.

Nucl. supraped. Nucl. juxtaped.

8B. *Taube*. Querschn. durch d. Verbindungs-
stelle d. Nebenkeims mit d. Nucl. juxtaped. (N. 12 X).



9B. *Struthio*. Querschn. durch d. Hauptkern,
Nucl. magnocellul. praeopt. lat. u. Nucl. supraopt.
(V-G. 12 X).

Zum Schluss möchte ich Herrn Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS meinen herzlichsten Dank aussprechen für seine Unterstützung bei der Ausarbeitung dieses Themas und Herrn J. H. L. ROOZEMEYER für seine Hilfe bei der Anfertigung der Mikrophographien.

LITERATUR.

- AGDUHR, E. (1922): Ueber ein zentrales Sinnesorgan bei den Vertebraten. *Zeitschr. f. Anat. u. Entw. Gesch.*, Bd. 66, p. 223—360.
- CHARLTON, H. H. (1929): The pars magnocellularis of the nucleus praepopticus in Amphibia particularly in Urodela. *Proc. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam*, Vol. 32, p. 476—486.
- (1932): Comparative studies on the nucleus praepopticus pars magnocellularis and the nucleus lateralis tuberis in fishes. *Journ. comp. Neurol.*, Vol. 54, p. 237—275.
- DAMMERMAN, K. W. (1910): Der Saccus vasculosus der Fische, ein Tiefe-Organ. *Zeitschr. f. wiss. Zoologie*, Bd. 96, p. 654—726.
- EDINGER, L. (1906): Abh. Senckenberg, naturf. Ges. (Zit. nach KAPPERS (1934)).
- EDINGER, L. u. WALLENBERG, A. (1899): Untersuchungen über das Gehirn der Tauben. *Anat. Anz.*, Bd. 15, p. 245—271.
- FREDERIKSE, A. (1931): De hersenen van de hagedis. Dissertation, Amsterdam.
- FRISCH, K. V. (1911): Beiträge zur Physiologie der Pigmentzellen in der Fischhaut. *Arch. ges. Physiol.*, Bd. 138, p. 319—387.
- GREVING, R. (1926): Beiträge zur Anatomie der Hypophyse und deren Funktion. II. *Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psych.*, Bd. 104, p. 466—479.
- HALLER, GRAF (1929): Die Gliederung des Zwischen- und Mittelhirns der Wirbeltiere. *Morph. Jahrb.*, Bd. 63, p. 359—407.
- HERRICK, C. J. (1910): The morphology of the forebrain in Amphibia and Reptilia. *Journ. comp. Neurol.*, Vol. 20, p. 413—547.
- (1934): The Hypothalamus of Necturus. *Ebenda*, Vol. 59, p. 375—429.
- HOLMGREN, N. (1920): Zur Anatomie und Histologie des Vorder- und Zwischenhirns der Knochenfische. *Acta Zool.*, Bd. 1, p. 137—315.
- HUBER, G. C. u. CROSBY, E. C. (1926): On thalamic and tectal nuclei and fiber paths in the brain of the American alligator. *Journ. comp. Neurol.*, Vol. 40, p. 97—227.
- (1929): The nuclei and fiber paths of the avian diencephalon with consideration of the telencephalic and certain mesencephalic centers and connections. *Ebenda*, Vol. 48, p. 1—225.
- JOHNSTON, J. B. (1902): The brain of Acipenser. *Zool. Jahrb., Abt. f. Anat. u. Ont.*, Bd. 15, p. 59—260.
- KAPPERS, C. U. ARIËNS (1906): The structure of the teleostean and selachian brain. *Journ. comp. Neurol.*, Vol. 16, p. 1—112.
- (1921): Die vergleichende Anatomie des Nervensystems der Wirbeltiere und des Menschen. 2. Abs. Bohn, Haarlem.
- (1927): Verschijnenselen van Neurobiotaxis in de Midden- en Tusschenhersen. *Handeling. v. h. XXIIe Nederl. Natuur- en Geneesk. Congres te Amsterdam*, p. 142—144.
- (1934): Die autonomen Zentren des Zwischenhirns bei Knochenfischen und Reptilien. *Zeitschr. für mikr.-anat. Forschung*, Bd. 36, p. 497—502.
- KINGSBURY, B. F. (1922): The extent of the floor-plate of HIS and its significance. *Journ. comp. Neurol.*, Vol. 32, p. 113—132.
- KUHLENBECK, H. (1931): Ueber die Grundbestandteile des Zwischenhirnsbauplans bei Reptilien. *Morphol. Jahrb.*, Bd. 66, p. 244—317.

- LARUELLE, L. (1934): Le système végétatif méso-diencephalique. I. Partie anatomique. *Rev. neurol.*, T. 2, p. 1—34.
- PINES, L. (1925): Ueber die Innervation der Hypophysis cerebri. II. Mitt. *Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiat.*, Bd. 100, p. 123—138.
- (1927): Ueber die Innervation der Epiphyse. *Ebenda*, Bd. 111, p. 356—369.
- RÖTHIG, P. (1911): Beiträge zum Studium des Zentralnervensystems der Wirbeltiere. 1. Ein Faserzug am Boden des Recessus praeopticus (Tractus praeopticus) bei den Amphibien. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. 77, p. 48—51.
- (1911): Zur Phylogenese des Hypothalamus. *Fol. Neurobiol.*, Bd. 5, p. 913—927.
- SCHARRER, E. (1934): Stammt alles Kolloid im Zwischenhirn aus der Hypophysis? *Frankfurter Zeitschr. f. Pathol.*, Bd. 47, p. 134—142.
- SPATZ, H. (1927): Physiologie und Pathologie der Stammganglien. *Handbuch d. norm. u. pathol. Physiol.*, Bd. 10, p. 318—417. Springer, Berlin.

Physiology. — *Phosphatide Auto-complex coacervates as Ionic Systems and their Relation to the Protoplasmic Membrane.* By H. G. BUNGENBERG DE JONG and J. BONNER. (Communicated by Prof. H. R. KRUYT).

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

I. Introduction.

In the study of complex- and of autocomplex coacervation no urgent need for a consideration of the organic chemical structure of the bio-colloids involved has ever been encountered. Independent of the class of organic compounds to which they belong the colloids which have been studied behave in the same general way and the "electrolyte" or "charged particle" character is the important determinant of their behaviour. The differences which have been met with in the behaviour of the different bio-colloids may all be related directly to the number and the nature of their ionogenic groups.¹⁾

The auto-complex coacervates of phosphatides stand however quite apart in one respect. The conditions necessary for the initiation of coacervation are normal.²⁾ Because of the low charge density of the sol particles they require, however, a sufficient "sensitizing" by appropriate substances.

The coacervates have, however, abnormal properties³⁾ in that:

- a. once formed they are difficultly reversible,
- b. the vacuoles of the drops exhibit characteristic phenomena,
- c. the coacervate drops exhibit a peculiar behavior in an electric field.

The behavior of the phosphatide auto-complex coacervate cannot, then,

¹⁾ H. G. BUNGENBERG DE JONG, P. VAN DER LINDE and A. DE HAAN, *Rec. trav. chim.* 54, 17 (1935).

²⁾ H. G. BUNGENBERG DE JONG and R. F. WESTERKAMP, *Biochem. Z.* 248, 131, 309 (1932).

³⁾ H. G. BUNGENBERG DE JONG and R. F. WESTERKAMP, *Biochem. Z.* 248, 335 (1932).

be understood from the "colloid electrolyte" point view. In this case it has proved useful to consider the chemical properties of the phosphatide molecule and his paper will be devoted to such a treatment of the phosphatide auto-complex systems.

A very simple explanation of the phenomena is possible if we choose as kinetic units the smallest possible ones, namely the ionised phosphatide molecules themselves.

This simplification of our colloid chemical consideration is perhaps justified by the recently discovered separation phenomena in molecularly dispersed electrolyte solutions.¹⁾ In any event, it leads logically to the picture of a special type of film which may under various circumstances arise upon the surface of the phosphatide coacervate drop. As pointed out in the earlier review of the phenomenon of coacervation²⁾, the films in question merit attention from the biologists because of their remarkable faculty of separating, without loss of stability, two miscible aqueous media.

II. *Phosphatide auto-complex coacervates as ionic auto-complex systems.*

An auto-complex coacervate of a phosphatide may vary enormously in fluidity according to the phosphatide (or mixture of phosphatides) used, the nature of the sensitizer and of the electrolytes, and the temperature. The separating mass may thus consist of drops, either liquid, viscous, or even plastic, of irregular lumps, or of flakes.

In what follows, under the name "phosphatide auto-complex coacervate", will be understood the highly fluid isotropic systems.

We will begin then with the assumption, that in the case of phosphatide auto-complex coacervates no greater units than those of molecular dimensions need be considered. It is not, of course, excluded that in phosphatide *sols* we may have to deal with polymolecular kinetic units.

The characteristic irreversibility or near irreversibility of these *coacervates*, makes it clear however that there is no urgent need to assume that sol particles persist as such in the coacervate. The sol micells may indeed be considered as groups of molecules, held together by binding forces of the same sort as those which act between phosphatide molecules in the coacervate.

A further physical-chemical consideration which we must take into account is the fact that the lecithins, kephalins and sphingomyelins possess two ionisable groups, namely an acidic, phosphate group and a basic, choline, or colamine group. We have seen in the preceding paper, that solvated ions are capable of forming ionic liquid complexes and it seems reasonable to assume that the phosphatide coacervate is in reality just such an ionic system.

By virtue of the two ionisable groups ($-\text{PO}_4^-$ and $-\text{N}(\text{CH}_3)_3^+$ or $-\text{NH}_3^+$)

¹⁾ See preceding paper.

²⁾ H. G. BUNGENBERG DE JONG, *Protoplasma* **15**, 110 (1932).

an effective electrostatic attraction must exist between the phosphatide units themselves. The internal state of this coacervate is, thus, determined again by: "effective electrostatic attraction versus repulsion due to solvation" (see fig. 1) and we shall call it an "ionic auto-complex system".

In the case of the highly fluid coacervates here considered, these strongly solvated ions take, in general, positions at random, and the coacervate is thus optically isotropic. The general kinetic movement does not permit of the formation of a permanent, regular pattern.

In the physiological range of P_H one encounters, in general, a negative electrophoretic charge. This means that the ionisation of the acidic groups present preponderates over that of the basic groups. Thus, the effective attraction may be far smaller than the maximum possible. In such a case the effective attraction may be increased by the addition of a neutral salt

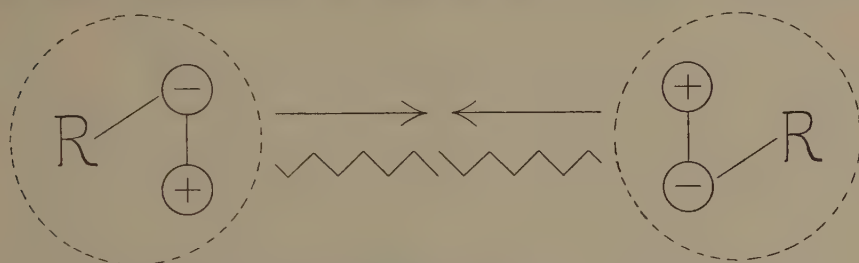


Fig. 1. The phosphatide auto-complex coacervate as an ionic auto-complex system. Dotted circles = hydrated phosphatide ions.
arrows = effective electrostatic attraction
springs = repulsion due to solvation.

whose cation screens more the negative ionised groups than does the anion the positive groups.

Since this screening effect is dependent primarily upon valence, such a salt will be of the type $n-1$, where n is equal to or greater than two. Indeed CaCl_2 is efficient in increasing the effective attraction, thus causing a diminution of the solvate content.

In the case of NaCl , with two monovalent ions, such a pronounced increase of effective attraction may not be expected. At moderate concentrations it seems that the screening effect of the Cl -ion dominates over that of the Na -ion. This appears for example in the pronounced $\text{NaCl}-\text{CaCl}_2$ antagonism in mixtures of the two salts.

A great and heterogeneous group of substances may act as "sensitizers" of the aqueous phosphatide sol. Only in the presence of such a "sensitizer" does coacervation with a neutral salt take place. This sensitizing action may be regarded as a diminution of the repulsion between the phosphatide molecules.

The repulsion factor is here of a more complicated nature than is the case with many of the other biocolloids. With these latter, the sensitizing agents thus far discovered are oxygen containing, water soluble non

electrolytes, such as the lower alcohols and ketones, the phenols, ethyl lactate, chloral hydrate, ethyl urethane, etc. This type of sensitization may be interpreted as a diminution of hydration both of non-ionised groups (as $-\text{OH}$, $-\text{CO}-\text{NH}-$) and of ionised groups ($-\text{COO}^-$, $-\text{SO}_4^-$, $-\text{PO}_4^-$ etc). In such cases diminution of colloidal hydration seems to be connected with disturbances which hydrophilic sensitizers cause in the "hydration fields" of hydrophil groups.

These same substances, in moderate concentrations are found to act as sensitizers for phosphatides also, and one may assume that here "sensitizing" is also connected with dehydration of hydrophil groups. Thus far we have not considered the fact that phosphatides are not only hydrophilic, due mainly to their ionogenic groups, but are also „lipophilic" (soluble in ether, petroleum ether etc.), due to their hydrocarbon chains. This fact will now need to be considered, since it is found that substances of a pronounced lipophilic character such as ether, chloroform, heptane, fats, oils, fatty acids and cholesterol, may act as sensitizers. Here the sensitizing action can hardly be connected with hydrophil groups but rather must be upon the lipophil portion of the molecule. It seems that aside from the electrostatic attraction and aside from the repulsion due to hydration, which we have thus far exclusively considered, there exists also an attraction between the hydrocarbon chains. This attraction in the absence of sensitizers is small, but may be greatly increased by the presence of suitable quantities of substances possessing a pronounced lipophil character.

The complex nature of the "repulsion factor", which, as we have seen, is the result of the presence of both hydrophilic and lipophilic groups in the phosphatide molecule, is not fully expressed by the simple scheme of fig. 1. Even the expression "repulsion factor" is not completely appropriate. There is not, of course, a simple algebraic summation of the interactions of hydrophilic and lipophilic groups since these groups are separated in the molecule.

The characteristic slight, or complete lack of, reversibility which is typical of the auto-complex coacervate is a direct indication of the actual existence of an independent attraction due to lipophilic groups. It might be added that further peculiarities of phosphatide coacervates (which are to be described in the following section) can only be understood if we assume a polar character for the phosphatide molecule as a whole.

It will be, therefore, not only convenient, but actually necessary to distinguish from now on *three separate major factors* which regulate the interaction of phosphatide ions. The scheme given in fig. 2 will suffice for considerations of the phenomena thus far described, i.e. influence of electrolytes or of non-electrolytes upon solvate content of liquid, non double refracting coacervates.

More detail, than that given in fig. 2 of the relative position of ionised, hydrophilic and lipophilic groups within the ion would here not be of

any particular advantage, since the ions have random orientations which respect to one another. In the next section, however, we will discuss phenomena, in which this relative position is of the greatest importance.

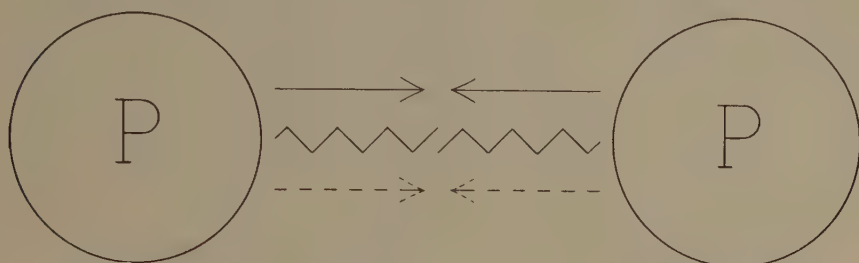


Fig. 2. Diagrammatic representation of the three principal factors which determine the internal state of the phosphatide auto-complex coacervate.

P = phosphatide ion,

solid arrows = effective electrostatic attraction,

springs = repulsion due to hydration,

dotted arrows = attraction due to lipophilic groups.

III. *Single and double films of oriented phosphatide ions.*

It will now be shown that the peculiar phenomena concerned with the vacuole of phosphatide coacervate drops become understandable if we assume that the boundary, dispersion medium-coacervate, consists of a layer of oriented phosphatide ions. In the case of the fluid coacervates here considered the phosphatide molecules within the drop have of course random positions with respect to one another.

At first sight it might seem that the polar groups of the surface molecules should be directed towards the dispersion medium, the fatty acid chains, thus, towards the interior of the coacervate drop. A closer consideration, however, shows that just the reverse is more probable. The phosphatide coacervate has just formed from the sol by virtue of a sufficiently great electrostatic attraction between the phosphatide units. The attraction between positive and negative groups, to which the formation and the continued existence of the coacervate is due, causes the coacervate to be more polar than the surrounding dispersion medium.

As a starting point for further discussion we shall choose therefore the orientation shown in fig. 3 in which the two circles represent the ionisable groups (black dots — phosphate groups, circles — choline or colamine groups) and the two heavy parallel lines the hydrocarbon chains. For our present purposes we may neglect the further details of the structural formula.

With this assumed orientation it is possible to explain some of the peculiarities of these auto-complex coacervates as regards "wetting" of foreign surfaces in the presence of their own suspension liquid.

In contrast with other coacervates (simple, complex or auto-complex) the drops of phosphatide coacervates accumulate carbon particles only

on their surface, but do not take these particles into their interior.

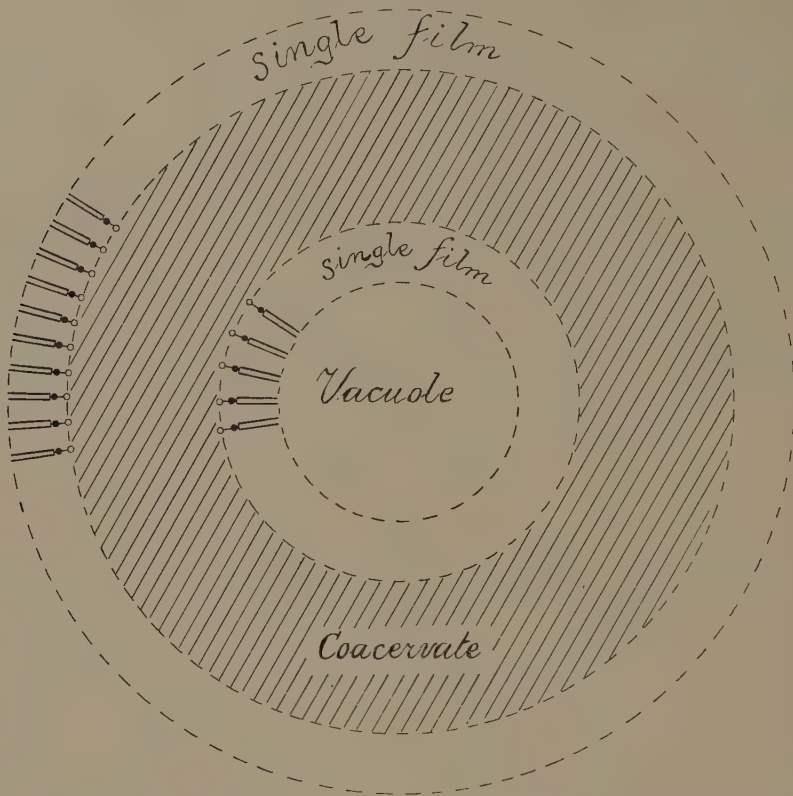


Fig. 3. Orientation of phosphatide molecules at the boundary coacervate-dispersion medium. (All other constituents of the coacervate, as water, sensitizer, electrolytes, are not represented).

A similar difference is met with in the behaviour of the phosphatide coacervate drop toward glass. Whereas all other coacervates wet glass



Fig. 4. The meeting of coacervate drops or their vacuoles.
 A = Two vacuoles flatten against each other on meeting but do not fuse.
 B = Vacuole attached to drop surface. The protruding double film (dotted) is barely visible (cross section).

rapidly so that drops upon the surface of a slide rapidly flatten and lose their sharp contour, drops of phosphatides may lie several hours upon a glass surface without losing their spherical form. The behaviour of phosphatide coacervate drops with respect to carbon as well as with respect to glass is closely similar to the behaviour exhibited by paraffine drops with respect to these substances. This is in itself a strong indication that the surface of the phosphatide coacervate is "paraffine like", i.e. that the hydrocarbon chains are directed outwards.

Since the vacuole content is dispersion medium, the molecules of phos-

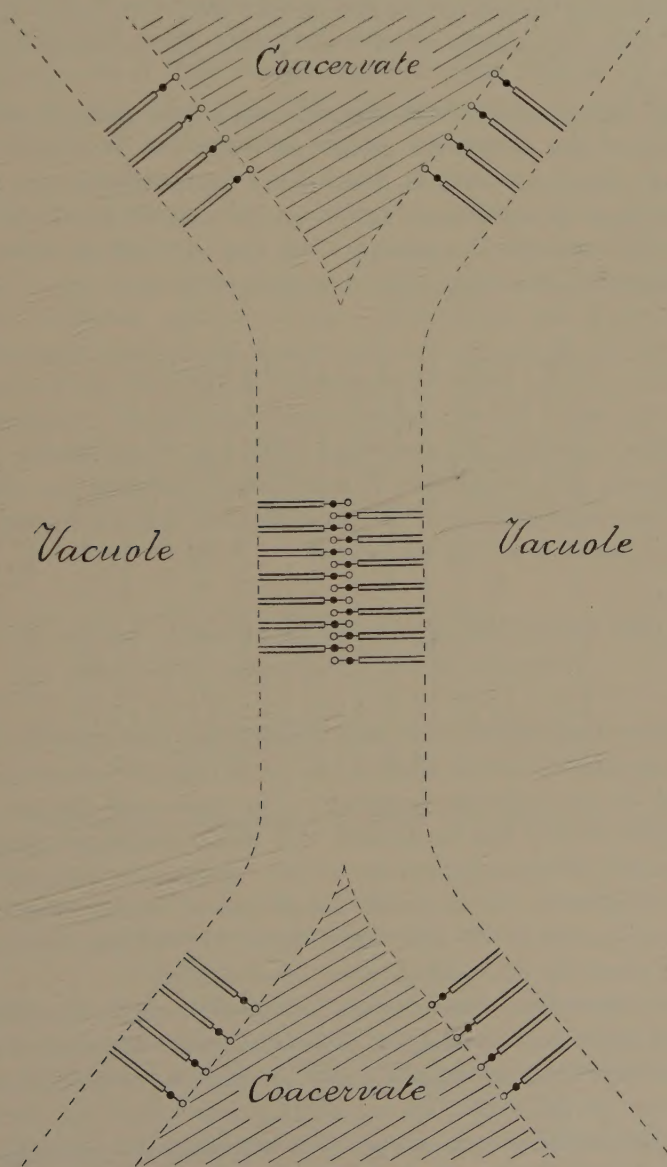


Fig. 5. The formation of "double film" at the contact between two vacuoles.

phatide in the film surrounding a vacuole should be orientated in the same way as that at the boundary, dispersion medium coacervate drop (see fig. 3).

For a number of reasons it seems profitable to assume that when the ionized polar groups of two such oriented films (consisting of single layers of phosphatide ions) meet, a highly stable "double film" is formed. This assumption makes understandable, for example, the peculiar behaviour of vacuoles in the phosphatide auto-complex drop. In the case of all of the other coacervates which have been studied two vacuoles fuse upon meeting. In the case of the phosphatide auto-complex, two *vacuoles* do not fuse, i.e. the stable "double film" is formed and prevents fusion (see fig. 4A and fig. 5). If two *drops* meet, however they fuse, since they present hydrocarbon chains to each other and the "double film" is not formed.

We shall now consider those vacuoles which have come in contact with the interior of the coacervate drop's surface film. In all of the other (sufficiently fluid) coacervates which have been studied, this uniting of vacuole with outer membrane results in the discharge of the vacuole content (which is dispersion medium) into the surrounding liquid, together with a subsequent rounding out of the drop surface.

In the case of the phosphatide coacervate drop, however, the vacuole contents are not discharged but the vacuole as a whole remains attached to the surface of the drop, as shown in fig. 4B. An explanation similar to that given above for the formation of "articulated" vacuoles may be made. In this case, also, the two films meet with their "dipole" ends and a stable double film is formed. If many small vacuoles are attached in this way, the circumference of the drop appears "facetted", and the drop surface as a whole is dotted with them.

IV. *The double film of oriented phosphatide ions as integral constituent of the protoplasmic membrane.*

In the preceding review¹⁾ it was pointed out that phosphatide auto-complex coacervates would seem to be of importance in relation to the problem of the protoplasmic membrane. The arguments brought forward for this point of view can be divided into two principal groups:

1. analogies between properties of the coacervates and properties of biological membranes, for example, the effects of certain electrolytes and non electrolytes, upon the one hand upon the solvate content of the coacervate, upon the other hand, upon "permeability";
2. those arguments which relate to the difficult reversibility of the coacervates, and in particular to the occurrence of films which may separate, without loss of stability, two miscible aqueous media.

At the time of the earlier review nothing was known of the nature of these last films and hence no positive statements concerning a direct

¹⁾ H. G. BUNGENBERG DE JONG, loc. cit.

relation between the properties of *a.* such films, *b.* of coacervates and *c.* of biological membranes could be made.

The conception, developed earlier in this paper, that single phosphatide ions constitute the kinetic units of the interior of the coacervate drop as well as of its surface films, makes it now possible to state in more precise terms the significance of phosphatide auto-complex coacervates for biology.

Since the remarkable films mentioned in section III must be considered as double films of oriented phosphatide ions, such double films may be considered as bimolecular, oriented "coacervate layers". Beside the phosphatide ions, all of the other constituents which participate in the phosphatide auto-complex coacervate will be present to some extent in the film.

As to the location of the non phosphatide constituents of the double film, it will be clear that water molecules, as well as ions, will be found principally in the hydrophilic middle zone, but that sensitizers of a typical lipophilic character will be found in the two adjacent lipophilic zones (shaded areas in fig. 6). Lipophilic sensitizers will thus fill up, to a certain extent, the area of "water pores" left open in the membrane.

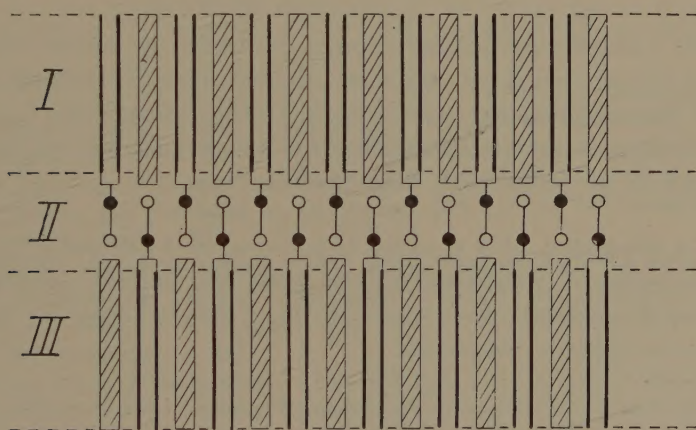


Fig. 6. Diagrammatic representation of double film consisting of oriented phosphatide ions.

I and III lipophilic zones.

II hydrophilic zone containing ionised groups.

Shaded areas = sensitizer molecules (cholesterol, triolein, etc.)

Electrolytes or non electrolytes, through their action upon the three mayor factors mentioned in Section II, may alter the molecular packing and hence, the area of this film. This will of course result in changes of permeability.

The "analogies" included under 1. above may perhaps now be more properly restricted to analogies between such oriented bimolecular coacervate films and the protoplasmic membrane.

This leads to the working hypothesis, that the special properties of the protoplasmic membrane, and perhaps of other membranes within the cell, depend upon the occurrence in them of one or more double layers of phosphatide ions.¹⁾

Summary.

1. Phosphatide auto-complex coacervates may be regarded as *fluid, ionic, auto-complex systems*. The interaction of the phosphatide ions in the coacervate is determined by *three* major factors:

- a. effective electrostatic attraction due to oppositely charged ionised groups;
- b. repulsion due to hydration;
- c. attraction due to lipophilic groups.

2. From theoretical as well as from experimental considerations it is concluded that the phosphatide ions at the surface of the coacervate are oriented with their polar groups inwards, their hydrocarbon chains, thus, outwards.

3. For a number of reasons it seems profitable to assume that when the ionized polar groups of two such oriented films (consisting of single layers of phosphatide ions) meet, a highly stable "double film" is formed. This assumption makes understandable, for example, the peculiar behaviour of vacuoles in the phosphatide auto-complex drop.

4. It is suggested, as a working hypothesis, that the special properties of the protoplasmic membrane depend upon one or more double layers of oriented phosphatide ions similar to the "double films" of the phosphatide auto-complex coacervate.

¹⁾ A more detailed discussion of the peculiar properties of the coacervates and their importance for the problem of the protoplasmic membrane, will be undertaken in a paper to be published shortly in *Protoplasma*.